

## STUDI TENTANG PENGARUH NANOPARTIKEL ZNO (*SENG OKSIDA*) TERHADAP KUAT TEKAN GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR METAKAOLIN

Monica Rustan<sup>1</sup>, Subaer, Irhamsyah

Jurusan Fisika Fakultas MIPA, Universitas Negeri Makassar

Jl. Daeng Tata Raya, Makassar 90223

<sup>1</sup>e-mail: monicarowstan@gmail.com

**Abstract:** *Study on The Effect of ZnO (Zinc Oxide) Nanoparticles toward Compressive Strength of Geopolymer Based Metakaolin.* This study review the effect ZnO nanoparticles of compressive strength geopolymer-based metakaolin. ZnO used were obtained from the synthesis of ZnSO<sub>4</sub> nanoparticles with molarity NaOH 0.3M. The purpose this research is to study the effect of the addition ZnO mass of 0%, 2.5%, 5%, 7.5% of the compressive strength of geopolymer composites. Geopolymer synthesized from metakaolin ash with alkali activation method ((NaOH + H<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O.3SiO<sub>2</sub>)) in curing temperature of 70°C for 1 hour. The resulting cylindrical sample with a height and diameter each 5 cm and 2.5 cm. SEM image of the fourth geopolymer samples show that the sample in the addition of 7.5% ZnO showed that the matrix of metakaolin binds well to ZnO. XRD measurement results show an increase in the crystal pattern of geopolymer structure with the addition of ZnO mass. Compressive strength testing is done after the sample aged 7 days. Based on the results of compressive strength testing of the highest maximum value is obtained on a sample of ZnO 0% (without the addition of ZnO) in the amount of 21.9 MPa.

**Keywords:** ZnO, metakaolin, geopolimer, scanning electron microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD)

**Abstrak:** *Studi Tentang Pengaruh Nanopartikel ZnO (Seng Oksida) Terhadap Kuat Tekan Geopolimer Berbahan Dasar Metakaolin.* Penelitian ini mengkaji tentang pengaruh nanopartikel ZnO terhadap kuat tekan geopolimer berbahan dasar metakaolin. ZnO yang digunakan diperoleh dari sintesis nanopartikel ZnSO<sub>4</sub> dengan molaritas NaOH 0.3M. Tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari pengaruh penambahan massa ZnO sebesar 0%, 2.5%, 5%, 7.5% terhadap kuat tekan komposit geopolimer. Material geopolimer disintesis dengan metode aktivasi alkali ((NaOH + H<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O.3SiO<sub>2</sub>)), kemudian di *curing* pada suhu 70°C selama 1 jam. Sampel yang dihasilkan berbentuk silinder dengan ukuran tinggi dan diameter masing – masing 5 cm dan 2,5 cm. Citra SEM memperlihatkan bahwa sampel pada penambahan ZnO sebesar 7.5% menunjukkan bahwa metakaolin berikatan dengan baik terhadap ZnO. Hasil pengukuran dengan XRD menunjukkan bahwa dengan penambahan massa ZnO pola kristal pada struktur geopolimer meningkat. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah sampel berusia 7 hari. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan nilai maksimum tertinggi didapatkan pada sampel ZnO 0% (tanpa penambahan ZnO) yaitu sebesar 21,9 MPa.

**Kata Kunci:** ZnO, metakaolin, geopolimer, scanning electron microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD)

Perkembangan geopolimer dimanfaatkan untuk aplikasi struktural seperti beton, keramik, komposit dan berbagai bahan struktural lainnya. Pemanfaatan geopolimer berkembang pesat dikarenakan memiliki sifat yang keras, tahan terhadap cuaca, serangan zat asam dan suhu tinggi. Bahan dasar pembuatan geopolimer juga mudah didapatkan karena keberadaannya melimpah di alam.

Produk geopolimer yang disintesis dari bahan dasar metakaolin dan abu terbang (*fly ash*) memiliki perbandingan kuat tekan yang kurang baik. Selain itu, waktu *setting* pasta geopolimer pada umumnya singkat untuk tahap industri. Oleh karena itu, diperlukan material sisipan yang dapat mengatasi kedua masalah tersebut. Salah satu bahan sisipan yang bisa ditambahkan pada pasta geopolimer yaitu ZnO (*Seng Oksida*).

ZnO (*Seng Oksida*) merupakan material yang unik karena memiliki energi gap sebesar 3,37 eV dan energi ikat eksitasi 60 meV (Aneesh, 2007). Salah satu ciri khas dari ZnO adalah senyawa kimianya yang dapat berpadu dengan senyawa lain. ZnO adalah kristal yang banyak dipakai dalam berbagai keperluan, sebagai katalis atau pendukung katalis, atau sebagai semikonduktor. Karakteristik kristal ZnO tergantung pada ukuran dan metode preparasinya (Cicik, 2012). Karena sifat ZnO yang mudah bereaksi menjadikan bahan tersebut baik digunakan sebagai tambahan pada pasta geopolimer untuk menghasilkan material struktural yang memiliki kualitas yang cukup baik. Dengan alasan tersebut, perlu dilakukan sebuah penelitian yang memadukan antara ZnO dengan pasta geopolimer.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni, dan bersifat *laboratories* yang mengarah pada pengembangan komposit geopolimer yang berbahan dasar metakaolin dengan penambahan agregat ZnO. ZnO diproduksi dari hasil sintesis  $ZnSO_4$ , dengan cara mencampurkan larutan NaOH 0,3 M dan larutan  $ZnSO_4$  sehingga menghasilkan endapan ZnO. Penambahan ZnO yang digunakan bervariasi yaitu 0%, 2,5%, 5%, 7,5% (massa ZnO relatif terhadap massa metakaolin). Larutan alkali dihasilkan dari larutan *sodium silicate* ( $Na_2O \cdot 3SiO_2$ ), *sodium hydroxide pellet* (NaOH) dan *aquades* ( $H_2O$ ) sesuai dengan berat yang ditentukan kemudian dicampurkan sehingga larutan homogen. Metakaolin dan ZnO dicampurkan dengan cara mengaduk selama beberapa menit kemudian menambahkan larutan alkali sedikit demi sedikit hingga diperoleh campuran pasta geopolimer yang homogen.

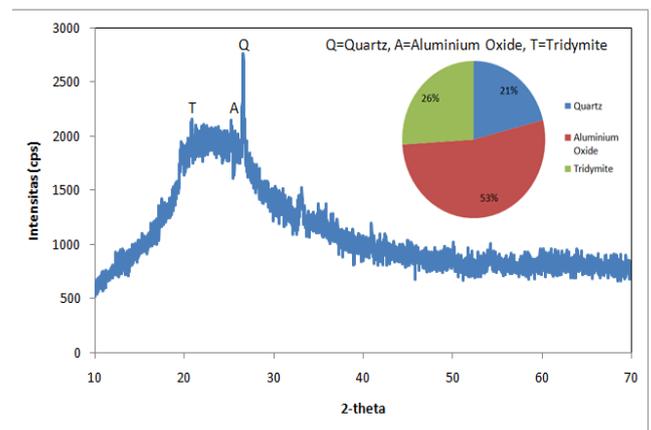
Pasta geopolimer dituang kedalam cetakan secara merata lalu dipanaskan selama 1 jam pada suhu 70°C. Sampel yang telah di *curing*

didiamkan selama 24 jam sebelum dikeluarkan dari cetakan dan disimpan selama 7 hari sebelum dilakukan berbagai pengujian mekanik untuk uji kuat tekan.

Pengujian struktur mikro sampel dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) dan untuk mengetahui struktur kristal pada sampel geopolimer dikarakterisasi dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*).

## HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini membahas tentang pengaruh nanopartikel ZnO terhadap sifat fisik, mekanik mikrostruktur komposit geopolimer berbahan dasar metakaolin. Gambar 1 memperlihatkan pola XRD dari metakaolin yang menunjukkan bahwa metakaolin mengandung *aluminium oxide* ( $Al_2O_3$ ) dan  $SiO_2$  dalam bentuk *tridymite*. Pola XRD tersebut juga menunjukkan bahwa metakaolin memiliki struktur amorf yang hampir sempurna. Adapun puncak-puncak yang tersisa menunjukkan mineral impuritas dari jenis *quartz*.



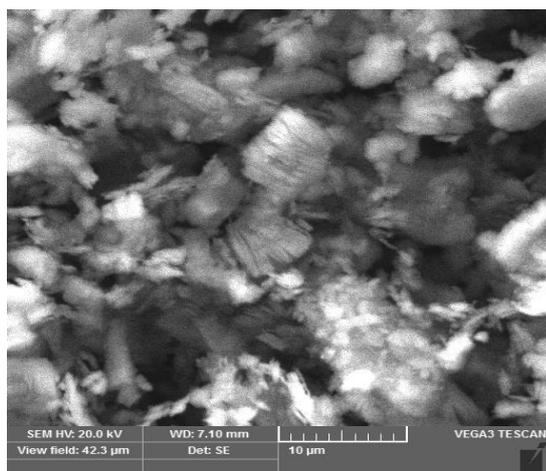
**Gambar 1.** Hasil karakterisasi XRD metakaolin

Gambar 2 memperlihatkan hasil citra SEM metakaolin. Tampak partikel metakaolin yang berbentuk pipih dengan ukuran  $\pm 10 \mu m$ , namun ada pula yang strukturnya tidak beraturan akibat pemanasan. Untuk mengetahui komposisi elemental dan oksida dari metakaolin digunakan

fasilitas EDS dan diperoleh hasil seperti pada tabel 1.

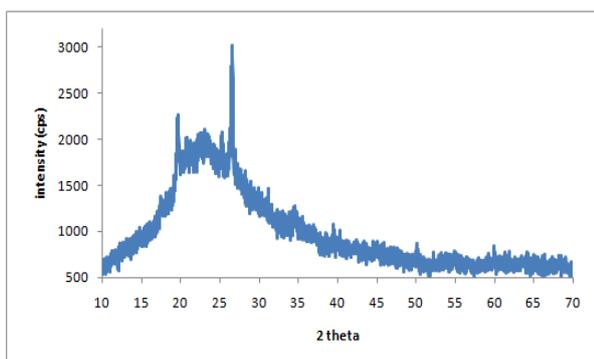
**Tabel 1.** Hasil analisis spektrum EDS metakaolin

No	Atom	wt.% atom	Oksida	wt.% oksida
1	Oksigen	63,10	-	0,00
2	Sodium	0,28	Na <sub>2</sub> O	0,42
3	Aluminium	19,67	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	49,49
4	Silikon	16,66	SiO <sub>2</sub>	49,40
5	Potassium	0,29	K <sub>2</sub> O	0,69



**Gambar 2.** Citra SEM metakaolin

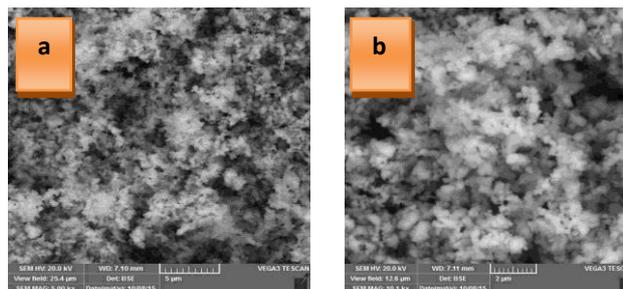
Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa dalam komposit tersebut terdapat beberapa oksida diantaranya Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> dan K<sub>2</sub>O. Juga dari tabel tersebut tampak bahwa perbandingan berat persen (wt%) oksida untuk Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan SiO<sub>2</sub> yaitu 1:1. Sedangkan analisis struktur kristal dapat dilihat dari hasil analisis XRD metakaolin yang diperlihatkan pada Gambar 3.



**Gambar 3** Difraktogram metakaolin

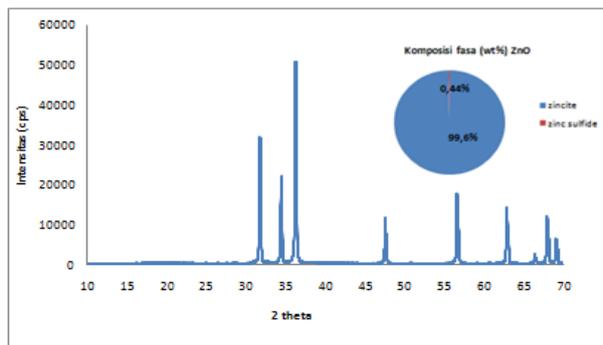
Berdasarkan Gambar 3 tersebut tampak bahwa fase yang terbentuk berupa amorf yang ditandai dengan terbentuknya punuk atau gundukan (*hump*). Tampak pula fase kristal ditandai dengan adanya puncak yang tajam yaitu fase quartz (SiO<sub>2</sub>) pada daerah  $2\theta=26,75^\circ$ .

Morfologi permukaan dari nanopartikel dianalisis menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Gambar 4 memperlihatkan citra SEM dari ZnO dengan menggunakan detektor SE dan HV 20 kV pada *scale bar* 5 µm dan 2 µm. Terlihat keadaan morfologi ZnO yang diambil pada perbesaran 4000x berbentuk butiran-butiran yang tidak beraturan dengan ukuran yang tidak seragam dan terdapat pori.



**Gambar 4.** Morfologi ZnO dengan *scale bar* (a) 5 µm dan (b) 2 µm

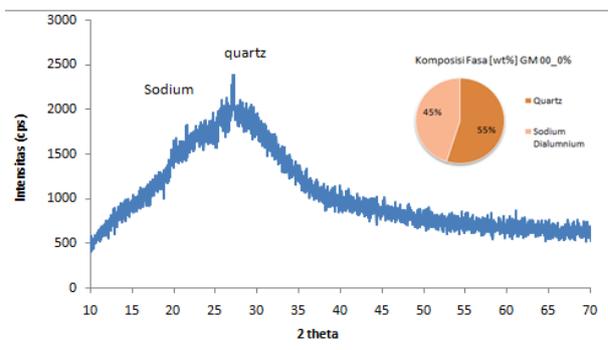
Gambar 5 menunjukkan data hasil XRD dari nanopartikel ZnO. Data hasil XRD menunjukkan bahwa fase ZnO yang terbentuk sebesar 99.6% dan Zinc Sulfide sebesar 0.44 wt%. Intensitas tertinggi terdapat pada sudut  $2\theta = 36.26^\circ$ .



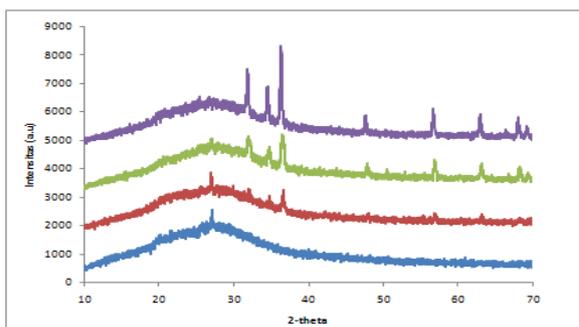
**Gambar 5** Difraktogram XRD ZnO

1. Hasil Karakterisasi

Hasil karakterisasi XRD sampel geopolimer tanpa penambahan ZnO dan sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO ditunjukkan dalam gambar 6 dan 7. Gambar 6 memperlihatkan difraktogram sampel geopolimer murni dari bahan dasar metakaolin (tanpa penambahan ZnO). Berdasarkan hasil analisis XRD menunjukkan fase yang terbentuk yaitu *Quartz* ( $\text{SiO}_2$ ) dan *Sodium Dialuminium* ( $\text{NaAl}_2(\text{OH})_4$ ) ((AlSi<sub>3</sub>) O<sub>11</sub>). Fase yang paling mendominasi pada sampel geopolimer ini adalah  $\text{SiO}_2$  dengan puncak tertinggi pada sudut  $2\theta=27,12^\circ$ .



Gambar 6. Difraktogram XRD sampel geopolimer murni dari bahan dasar Metakaolin (tanpa penambahan ZnO)

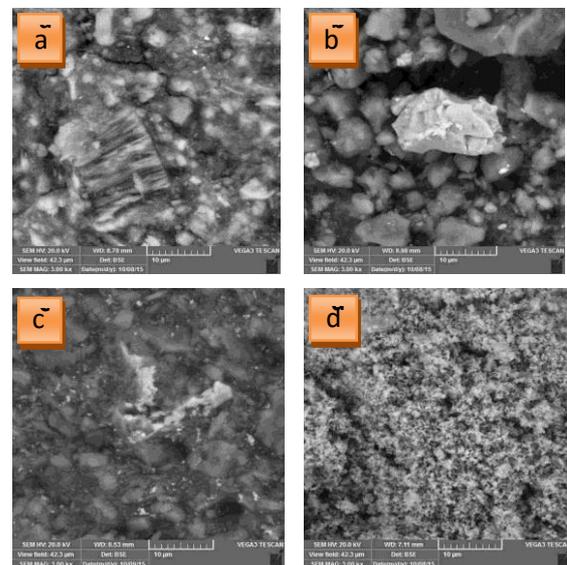


Gambar 7 Difraktogram XRD sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO (a) 0%, (b) 2.5%, (c) 5%, dan (d) 7.5% relatif terhadap massa metakaolin.

Gambar 7 memperlihatkan difraktogram keempat sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO sebesar 0%, 2.5%, 5%, dan 7.5% relatif terhadap massa metakaolin.

Penambahan ZnO menyebabkan intensitas fase *Quartz* menurun dan meningkatkan fase *Zincite* dari sampel geopolimer. Intensitas paling tinggi diperoleh pada sampel geopolimer sebesar 7.5%. Sampel geopolimer dengan penambahan ZnO sebesar 7.5% ditunjukkan pada gambar 4.10 memiliki fase *Zincite* yang terbentuk pada sudut  $2\theta=36,34^\circ$ .

Hasil karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) keempat sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO sebesar 0%, 2.5%, 5%, dan 7.5% relatif terhadap massa metakaolin ditunjukkan pada gambar 8.



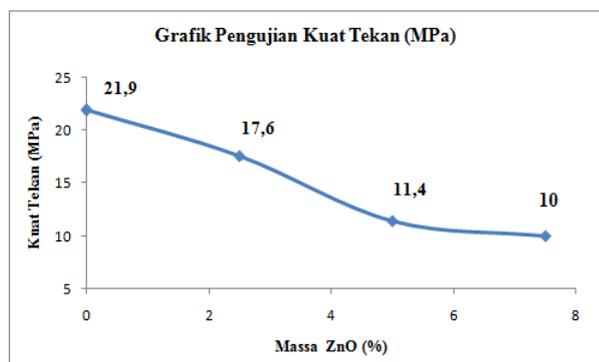
Gambar 8 Morfologi keempat sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO (a) 0%, (b) 2.5%, (c) 5%, dan (d) 7.5%.

Morfologi keempat sampel geopolimer berdasarkan hasil karakterisasi dengan menggunakan Tescan Vega3SB *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Berdasarkan hasil karakterisasi keempat sampel menunjukkan keadaan morfologi sampel berbeda-beda. Gambar 8 (a) merupakan sampel geopolimer tanpa penambahan ZnO sedangkan gambar 8 (b), (c), dan (d) merupakan sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO berturut-turut adalah 2.5%, 5%, dan 7.5% relatif terhadap massa

metakaolin. Dalam Gambar 8 (a) tampak bahwa sampel geopolimer tanpa penambahan ZnO memiliki bentuk ukuran partikel yang tidak seragam. Dalam gambar tersebut juga terlihat bahwa sampel mengalami retakan sekunder yang terjadi ketika sampel dipotong dan dipoles. Gambar 8 (b) merupakan sampel geopolimer dengan penambahan ZnO 2.5% menunjukkan adanya ukuran partikel yang kecil dan terdapat partikel memiliki bentuk morfologi yang berbeda dari bentuk partikel disekitarnya. Gambar (c) 5% menunjukkan bahwa ukuran butir tidak seragam, terdapat pori pada permukaan sampel dan terdapat butiran berwarna putih tersebar dipermukaan sampel dimana butiran-butiran tersebut merupakan butiran ZnO. Gambar (d) merupakan sampel geopolimer dengan penambahan ZnO 7.5% dimana terlihat pada gambar ukuran partikel yang kecil dan seragam. Hal ini terjadi karena adanya ikatan antara ZnO dan metakaolin yang saling menyatu dan memiliki bentuk morfologi yang berbeda dari sampel sebelumnya.

## 2. Hasil pengujian kuat tekan

Untuk memperoleh sifat mekanik dari sampel geopolimer, dilakukan pengujian kuat tekan. Berikut adalah grafik grafik perbandingan keempat sampel.



**Gambar 9.** Hasil kuat tekan keempat sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO (a) 0%, (b) 2.5%, (c) 5%, dan (d) 7.5% relatif terhadap massa metakaolin.

Gambar 9 merupakan grafik kuat tekan keempat sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO (a) 0%, (b) 2.5%, (c) 5%, dan (d) 7.5% relatif terhadap massa metakaolin. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan ZnO tidak berpengaruh terhadap kenaikan kuat tekan dari sampel geopolimer. Kuat tekan maksimum terdapat pada sampel (a) sebesar 21,9 Mpa dengan penambahan ZnO sebesar 0% (tanpa penambahan ZnO). Namun berdasarkan citra SEM menunjukkan bahwa metakaolin berikatan dengan baik terhadap ZnO pada penambahan sebesar 7.5% relatif terhadap massa metakaolin.

Dari hasil penelitian diperoleh nanopartikel ZnO sebesar 99,6 wt% , kemudian hasil sintesis nanopartikel ZnO digunakan sebagai bahan sisipan pada sampel geopolimer dengan bahan dasar metakaolin. Pembuatan sampel geopolimer terdiri dari 4 jenis sampel dengan variasi penambahan ZnO 0%, 2.5%, 5%, dan 7.5% . Berdasarkan hasil analisis XRD dari setiap sampel menunjukkan bahwa penambahan ZnO meningkatkan fase *Zincite* dan terjadi penurunan pada fase *Quartz*. Dimana pada sampel keempat dengan penambahan ZnO 7.5% diperoleh prosentase ZnO tertinggi sebesar 100% yang menunjukkan bahwa kandungan fase ZnO semakin meningkat. Hal ini juga tampak berdasarkan analisis SEM HV 40 kV pada *scale bar* 10  $\mu\text{m}$  untuk setiap sampel dengan penambahan ZnO sebesar 7.5% morfologi butiran-butiran metakaolin yang saling berikatan baik dengan ZnO. Dari hasil sampel yang dibuat terdapat beberapa sampel yang berpori. Hal ini disebabkan pada saat proses pengaktifasian sampel menjadi pasta geopolimer tidak tepat berdasarkan waktu *setting* yang telah ditentukan. Untuk hasil pengujian kuat tekan sangat berbanding terbalik dari hasil karakterisasi SEM-EDS dan XRD.

Berdasarkan hasil analisis grafik semakin tinggi penambahan ZnO terhadap sampel geopolimer maka hasil kuat tekan yang diperoleh

semakin rendah mencapai 10 Mpa dengan penambahan ZnO sebesar 7.5% dan 0%(tanpa ZnO) sebesar 21,9 MPa. Namun sebelumnya, kita ketahui bahwa produk geopolimer yang disintesis dari bahan dasar seperti metakaolin atau abu terbang (*fly ash*) memiliki perbandingan kuat tekan yang kurang baik. Selain itu, waktu *setting* pasta geopolimer pada umumnya singkat untuk tahap industri. Jadi perlu adanya material sisipan seperti ZnO. ZnO memiliki ikatan senyawa kimia yang baik dan mudah berpadu dengan senyawa kimia lainnya. Akan tetapi berdasarkan penelitian ini penambahan ZnO pada sampel geopolimer tidak mempengaruhi adanya peningkatan kuat tekan.

#### SIMPULAN

Penambahan nanopartikel ZnO tidak mempengaruhi kenaikan kuat tekan dari sampel geopolimer. Kuat tekan maksimum diperoleh sebesar 21,9 Mpa dengan penambahan ZnO sebesar 0% (tanpa penambahan ZnO). Citra SEM dari keempat sampel geopolimer memperlihatkan bahwa penambahan ZnO sebesar 7.5% menunjukkan metakaolin berikatan baik terhadap ZnO. Hasil pengukuran XRD sampel geopolimer dengan variasi penambahan ZnO menyebabkan intensitas fase *Quartz* menurun dan meningkatkan fase *Zincite* dari sampel geopolimer.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Cahyadi, D., 2013. Sifat Mekanik Dan Durabilitas Polypropylene Fiber Reinforced Geopolymer Concrete (PFRGC). Teknik Sipil, 1 No. 1(2339-0271).
- Cicik Herlina Yulianti. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Kristal Nano ZnO. Jurnal Teknik. Vol.4 No. 2.

- Djurisic, Aleksandra B., dkk, "ZnO Nanostructures: Growth, Properties and Applications". J. Mater. Chem., Vo.22, 2012, pp. 6526-6535.
- Daniel L. Y. Kong, Jay G. Sanjayan & Kwesi Sagoe Crenstil. 2008. Factor Affecting the Performance of Metakaolin Geopolymer Exposed to Elevated Temperatures. Journal of J Mater Sci Vol. 43 : 824-831.
- Kamalianfar, A., dkk.. 2013. Synthesis and Characterization og ZnO Flower-Like Multisheets Grown on Metal Buffer Layer. Int. J. Electrochem. Sci., Vol.8,2013,pp.7724-7733.
- Kanade, K.G, dkk. "Effect of solvents on the synthesis of nano-size zinc oxide". Materials Research Bullein, Vol. 41, 2006, pp.590-600. doi:10.1016/j.materresbull.2005.09.002.
- Kripal, R., dkk., "Photoconductivity and Photoluminescence of ZnO Nanoparticles Synthesized via Co-Precipitation Method", Spectrochimica Acta Part A, Vol.79,2011,pp. 1605-1612.
- Morkoç, Hadis dan Özgür, U. 2009. Zinc oxide: Fundamentals, Materials and Device Technology. WILEY-VCH Verlag BmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 978-3-527-40813-9.
- P. M. Aneesh, K. A. Vanaja, M. K. Jayaraj. 2007. Synthesis of ZnO Nanoparticles by Hydrothermal Method. Journal of Nanophotonic Materials. Vol. 6639 66390J-1.
- Rao, M.C., Ravindranadh, K. dan Rose Mary, T. 2013. A Novel Approach to fabrication of ZnO Bulk Nanostructures. Journal of Chemoical, Biological and Physical Science Sec.A, Vol.4, No.1, 2013, pp.053-056.
- Subaer, Agus Susanto & M. Jam'an. 2009. Studi Tentang Kekerasan Vickers Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash dan Metakaolin. Journal of JSPF Vol.9. pp.57.