

# PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR LEMPUNG *LATERITE*

**Khusnul Khatimah, Muris, A. Irhamsyah**

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Makassar

Jl. Mallengkeri, Parangtambung Makassar 90223

e-mail: khusnulkhatimah2895@gmail.com

**Abstract:** *The Influence of Rise Husk Ash to the Mechanical and Microstructure of Geopolymers Based on Laterite Soil.* This research was aimed to study the influence of rice husk ash addition to the mechanical and micro structure properties of geopolymer based on laterite soil. Geopolymers were synthesized through alkali activation method of laterite soil varying the amount of rise husk ash mass (0%, 1.5%, 3%, 4.5% and 6%) relative to the mass of laterite. The addition of 4.5% rice husk ash showed the highest compressive strength namely 41.07 Mpa. The result of X-Ray diffraction analysis phased that the presence of rise husk ash did not change the structure of geopolymers. Scanning electron microscopy (SEM) was used to study to morphology of geopolymers.

**Keywords:** *geopolymers, laterite soils, rise husk ash, mechanical properties, microstructure*

**Abstrak:** **Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Geopolimer Berbahan Dasar Lempung Laterit.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap sifat mekanik geopolimer berbahan dasar lempung laterite. dan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan abu sekam padi terhadap struktur mikro geopolimer berbahan dasar lempung laterite. Sintesis geopolimer dilakukan dengan menggunakan metode aktivasi alkali berbahan dasar lempung laterite dengan bervariasi penambahan abu sekam padi (0%, 1.5%, 3%, 4.5% dan 6%) yang di panaskan pada suhu 200°C selama 4 jam. Dengan penambahan abu sekam padi 4.5% memiliki kekuatan tekan tertinggi yaitu sebesar 41.07 MPa. Hasil analisis X-Ray Diffraction (XRD) memperlihatkan fase amorf dan seiring penambahan abu sekam padi relatif terhadap massa bahan dasar tidak menunjukkan adanya perubahan fase dan struktur yang terbentuk. Citra SEM menunjukkan morfologi dari geopolimer seiring penambahan abu sekam padi relatif terhadap massa bahan dasar.

**Kata Kunci:** geopolimer, lempung laterit, abu sekam padi, sifat mekanik, struktur mikro

## PENDAHULUAN

Geopolimer merupakan material baru yang tidak membutuhkan kehadiran dari semen portland sebagai bahan pengikat (Chareerat, T. et al., 2008). Geopolimer adalah material anorganik alumina-silika yang disintesis melalui proses polimerisasi dari material yang banyak mengandung silika (Si) dan alumina (Al) di alam atau dari material hasil sampingan industri. Selama proses sintesis, atom silika dan alumina menyatu dan membentuk blok yang secara kimia memiliki struktur yang mirip dengan batuan alam (Manuahe, et al., 2014). Penelitian terbaru tentang geopolimer yang berkembang saat ini adalah pemanfaatan lempung laterite.

Lempung *laterite* merupakan jenis lempung hasil dari pelapukan batuan induk fisik kimia yang mengandung banyak oksida besi, aluminium serta memiliki silika yang sedikit (Joel & Agbede, 2011, E.Y. Toreno, 2012). Digambarkan dalam matriks  $Fe_2O_3-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$  (Obonyo, 2014). Lempung *laterite* yang disintesis menjadi geopolimer memiliki sifat matriks yang baik serta memiliki kuat mekanik yang besar karena unsur besi yang terdapat dalam lempung *laterite* memberikan sifat plastisitas yang tinggi sehingga menghasilkan kuat tekan yang besar (Obonyo, 2014, Magdalena, 2015). Hasil penelitian Patrick N. Lemougna et al, (2014) menunjukkan kekuatan mekanik lempung laterite yaitu sekitar 12-51 MPa dan 2-23 MPa.

Dan untuk meningkatkan sifat mekanik dari lempung *laterite* di perlukan adanya penambahan abu sekam padi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Triyulia Ningsih (2012) menyatakan bahwa penambahan bahan *additive* berupa abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan mortar.

Abu sekam padi merupakan sumber silika yang cukup tinggi yaitu sekitar 92-95% (Subaer, 2015). Abu sekam padi dengan komposisi silika yang sangat tinggi memungkinkan untuk dijadikan bahan baku alternatif pembuatan beberapa senyawa berbasis silika seperti sodium silikat/silika gel. Silika gel dari sekam padi merupakan padatan anorganik yang mempunyai banyak situs aktif berupa silanol dan silikon.

Hasil penelitian K. Pimraksa et, al (2011) menunjukkan penambahan 40% abu sekam padi pada geopolimer meningkatkan nilai  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 22,5 dan  $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 1,7. Penambahan abu sekam padi sekitar 35%, memperbesar kekuatan tekan (*compressive strenght*) akibat tingginya persentase silika. Selain itu keunggulan lain dari abu sekam padi yakni bahannya mudah diperoleh dan relatif murah (Subaer, 2015). Oleh karena itu, diharapkan agar kuat tekan mengalami peningkatan dengan adanya penambahan abu sekam padi pada lempung *laterite*.

## METODE

Geopolimer disintesis dengan menggunakan metode aktivasi alkali menggunakan bahan dasar lempung *laterite* dan penambahan agregat abu sekam padi. Lempung *laterit* diperoleh dari desa Tanah Karaeng, terlebih dahulu diekstraksi dengan cara membersihkan kemudian dikeringkan pada suhu 1000C selam 10 jam setelah itu digerus kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh, lempung tersebut didehidroksilasi pada suhu 750oC selam 4 jam sehingga diperoleh metalempung. Sintesis

dilakukan dengan mengkonstankan bahan dasar dan memvariasikan abu sekam padi dengan variasi 0%, 1.5%, 3%, 4.5% dan 6% relative to the weight of lempung *laterite*. Abu sekam padi yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pemurnian dengan cara direndam dengan HCl 1M selama 1 jam dan dibersihkan dengan menggunakan aquades sebanyak tiga kali. Selanjutnya, abu sekam padi dikeringkan pada suhu 2000C selama 4 jam kemudian dihaluskan. Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan sampel terhadap pengaruh gaya beban. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) dilakukan untuk melakukan analisis fasa bahan dasar dan untuk mempelajari kekristalan geopolimer yang dihasilkan dan Scanning Electron Microscopy (SEM) dilakukan untuk melihat morfologi dan struktur mikro permukaan material dari geopolimer termasuk pembentukan retakan dan antar muka (*interface*) seiring dengan penambahan abu sekam padi.

## HASIL DAN DISKUSI

### A. Kuat Tekan

Dalam penelitian ini menggunakan sampel berbentuk silinder dengan diameter 2 cm dan tinggi 4 cm. Dengan dimensi ini perbandingan antara panjang dengan lebar 2:1 dan memnuhi persyaratan *compression test* ASTM-C773. Kekuatan tekan sebuah sampel dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$C = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan  $C$  menyatakan kekuatan tekan (MPa),  $P$  adalah beban total hingga sampel rontok (N), dan  $A$  adalah luas permukaan sampel yang ditekan ( $\text{m}^2$ ). Gambar-1 dan gambar-2 berikut ini menunjukkan benda pada saat ditekan (gambar-1) dan setelah ditekan (gambar-2).

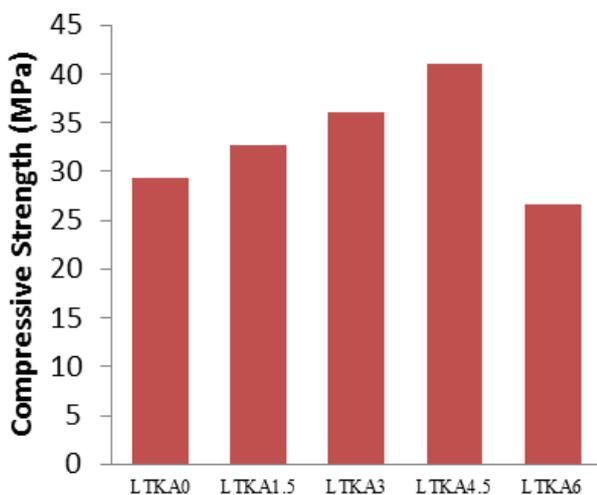


**Gambar-1.** Sampel saat di tekan



**Gambar-2.** Sampel setelah ditekan

Data hasil pengujian kuat tekan geopolimer dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



**Gambar 3.** Grafik kuat tekan rata-rata masing-masing sampel

Pada gambar-3 hasil pengukuran kuat tekan memperlihatkan bahwa sampel LTKA0 merupakan sampel geopolimer tanpa penambahan abu sekam padi memiliki kuat tekan sebesar 29,41 MPa, sampel LTKA1.5 merupakan sampel geopolimer dengan penambahan abu sekam padi 1,5% memiliki kuat tekan sebesar 32,68 MPa, sampel LTKA3 dengan penambahan abu sekam padi 3% memiliki kuat tekan sebesar

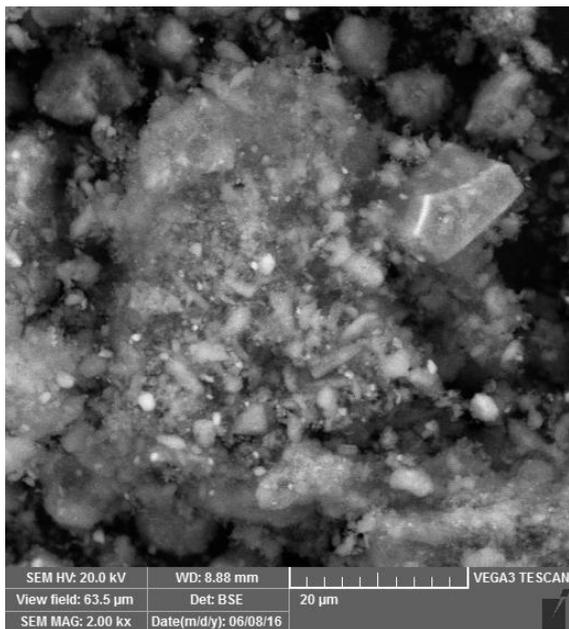
36,02 MPa, sampel LTKA4.5 dengan penambahan abu sekam padi 4,5% memiliki kuat tekan sebesar 41,07 MPa dan sampel LTKA6 dengan penambahan abu sekam padi 6% memiliki kuat tekan sebesar 26,55 MPa.

Penurunan kuat tekan pada sampel LTKA6 dengan penambahan abu sekam padi 6% di sebabkan oleh  $Al_2O_3$  tidak cukup untuk bereaksi dengan  $SiO_2$  yang berlebih dari abu sekam padi, karena adanya  $SiO_2$  yang tidak bereaksi atau terikat dengan pada geopolimer menyebabkan geopolimer menjadi rapuh sehingga kekuatan mekanik pada geopolimer berkurang.

## B. Hasil Karakterisasi SEM

### 1. Bahan Dasar Lempung Laterit

Gambar 4 memperlihatkan citra SEM dari lempung *laterite* yang digunakan sebagai bahan dasar pada penelitian ini. Pada perbesaran 2000x terlihat keadaan morfologi lempung *laterite* yang menunjukkan butiran dengan ukuran yang bervariasi. Skala putih citra SEM yang relative tidak seragam menandakan komposisi kimia material dengan nomor atom yang sama yakni Fe.



**Gambar 4.** Morfologi bahan dasar lempung laterite dengan scale bar 20 µm

**Tabel 1.** Hasil analisis spektrum EDS dari Lempung *laterite*

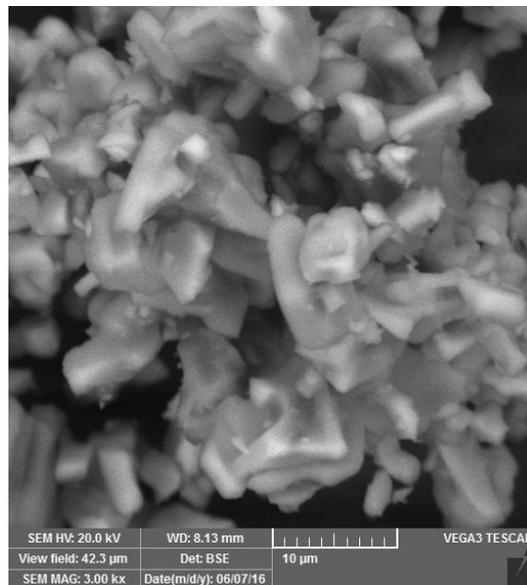
Element	Compound norm.	Comp. C (wt%)
Magnesium	MgO	1,64
Aluminum	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,43
Silicon	SiO <sub>2</sub>	29,04
Titanium	TiO <sub>2</sub>	2,32
Iron	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,02
Oxygen	-	0,00

Dengan menggunakan fasilitas EDS diketahui komposisi elemental dari lempung tersebut. Hasil EDS menunjukkan fasa Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yaitu 32,02wt%, MgO yaitu 1,64 wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yaitu 35,43wt%, SiO<sub>2</sub> yaitu 29,04wt%, dan TiO<sub>2</sub> yaitu 2,32wt%. seperti yang ditunjukkan pada tabel-1.

## 2. Abu sekam padi

Gambar-5 memperlihatkan citra SEM abu sekam padi yang digunakan sebagai agregat pada penelitian ini. Pada perbesaran 3000x dan 5000x terlihat keadaan morfologi abu sekam padi yang menunjukkan butiran dengan ukuran yang

bervariasi. Tingkat kecerahan dan masing-masing butiran pada gambar menunjukkan kandungan yang terdapat pada bahan relatif homogen.



**Gambar 5.** Morfologi abu sekam padi dengan scale bar 10 µm.

Hasil EDS dari abu sekam padi menunjukkan fasa SiO<sub>2</sub> yaitu 98,14 wt% dan pengotor berupa kalium sebesar 1,86 wt%. seperti yang ditunjukkan pada Tabel-2.

**Tabel 2.** Hasil analisis spektrum EDS dari abu sekam padi

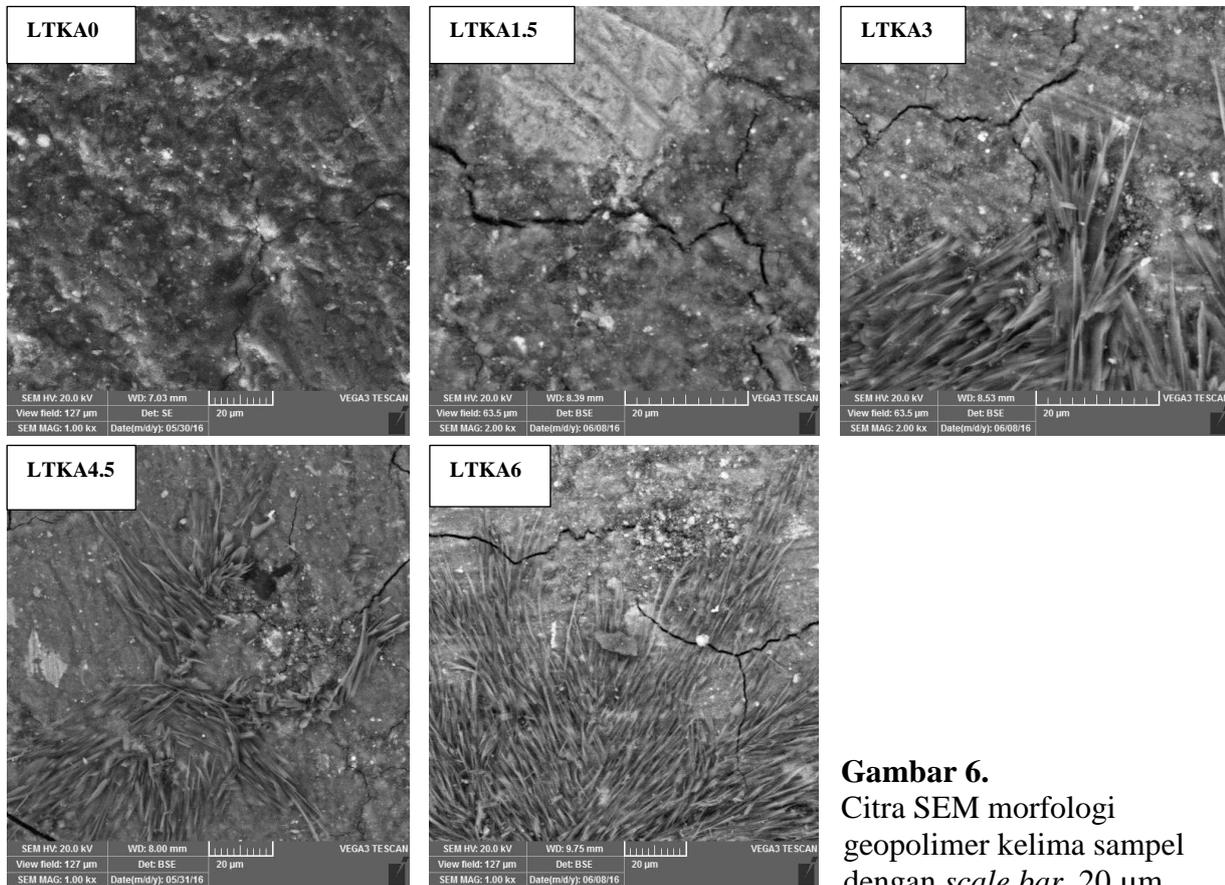
Element	Compound norm.	Comp. C (wt%)
Silicon	SiO <sub>2</sub>	98,14
Potassium	K <sub>2</sub> O	1,86
Oxygen	-	0,00

Data EDS tersebut menunjukkan bahwa abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini merupakan sumber atom Si dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Kehadiran oksida K<sub>2</sub>O merupakan pengotor yang diyakini berasal dari jenis pupuk yang digunakan oleh petani yakni KCl dan berubah fase menjadi K<sub>2</sub>O setelah bercampur dengan air.

## 3. Karakterisasi struktur geopolimer

Gambar 6 menunjukkan citra SEM dari sampel geopolimer dengan menggunakan

detektor SE dan HV 20 kV pada *scale bar* 20  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 6.** Citra SEM morfologi geopolimer kelima sampel dengan *scale bar* 20  $\mu\text{m}$ .

Pada gambar 6 terlihat keadaan morfologi dari setiap sampel yang diambil dengan menggunakan SEM dengan perbesaran 2000x. pada sampel LTKA0 terlihat citra SEM di atas menunjukkan bahwa terdapat butiran-butiran yang tidak merata di permukaan sampel. Citra SEM permukaan sampel LTKA1.5 dengan penambahan abu sekam padi 1,5% terlihat sekam padi belum berikatan baik dengan matriks sehingga terdapat retakan dipermukaan sampel. Citra SEM sampel LTKA3, LTKA4.5 dan LTKA6 dengan penambahan masing-masing abu sekam padi sebanyak 3%, 4.5% dan 6% terlihat abu

sekam padi berikatan baik dengan matriks dan penambahan ini terjadi kereaktivitas alalkali dengan silika aktif yang ada di dalam abu sekam padi dan silika aktif yang ada di dalam lempung *laterite* berlangsung dengan baik. Serta terlihat adanya  $(\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H})$  atau biasa disebut dengan *sodium carbonat* berbentuk jarum diseluruh permukaan sampel.

Adapun komponen penyusun dari sampel (dalam wt%) yang paling dominan adalah  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  sebesar dan  $\text{FeO}$  serta terdapat oksida lain yang terdapat pada sampel yaitu  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ . penelitian sebelumnya yang dilakukan

oleh Susanti, (2015) menyatakan bahwa kehadiran oksida  $K_2O$  yang terdapat dalam abu sekam padi merupakan pengotor yang diyakini berasal dari jenis pupuk yang digunakan oleh petani yakni KCl dan berubah fase menjadi  $K_2O$  setelah bercampur dengan air.

**Tabel 3.** Komposisi oksida kelima sampel geopolimer

Element	Compound norm.	Comp. C (wt%)				
		LTKA0	LTKA1.5	LTKA3	LTKA4.5	LTKA6
Oxygen	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sodium	$Na_2O$	14,88	12,88	27,93	14,19	25,51
Magnesium	$MgO$	1,64	1,46	1,06	1,35	1,15
Aluminium	$Al_2O_3$	25,4	24,99	21,70	24,35	21,29
Silicon	$SiO_2$	41,66	41,48	33,02	44,47	36,65
Phosphorus	$P_2O_5$	0,33	0,26	0,32	0,19	0,34
Chlorine	-	-	0,03	0,06	0,06	0,02
Potassium	$K_2O$	-	0,1	0,07	0,09	0,08
Calcium	$CaO$	-	0.13	-	-	0.02
Titanium	$TiO_2$	1.29	1.25	1,20	1,18	1.13
Iron	$FeO$	14.79	17.23	14,43	14,00	13.71

### C. Hasil Karakterisasi XRD

#### 1. Bahan Dasar Lempung Laterit

Gambar-7 memperlihatkan hasil pengukuran XRD lempung *laterite* memiliki fasa yang dominan yaitu fasa dari hematite yaitu sebesar 51wt%, dengan intensitas tertinggi yaitu 3996 counts pada sudut 2-theta sebesar  $35,7^\circ$  dan membentuk struktur heksagonal.

Adapun unsur lain yang terdapat dalam lempung tersebut yaitu magnetit, quartz, sodium aluminat silicate, rutile, calcium magnesium catena-silicate dan corundum.

#### 2. Abu sekam padi

Gambar-8 memperlihatkan pola XRD abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini. Tampak bahwa abu sekam padi yang digunakan memiliki fasa tertinggi yaitu tridymite sebesar 93 wt% dengan intensitas tertinggi yaitu 16600 counts pada sudut 2-theta sebesar  $20.46^\circ$  Adapun

unsur lain yang terdapat dalam abu sekam padi yaitu cristobalite dan rutile.

#### 3. Karakterisasi Struktur Geopolimer

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengidentifikasi fasa, parameter kisi, dan derajat kristalinitas yang terdapat pada setiap sampel. Dari hasil karakterisasi XRD pada setiap sampel telah terbentuk fasa tertinggi yaitu hematit. Difraktogram dari sampel geopolimer memperlihatkan fase amorf dan seiring penambahan abu sekam padi relatif terhadap massa metalempung tidak menunjukkan adanya perubahan fase dan struktur yang terbentuk.

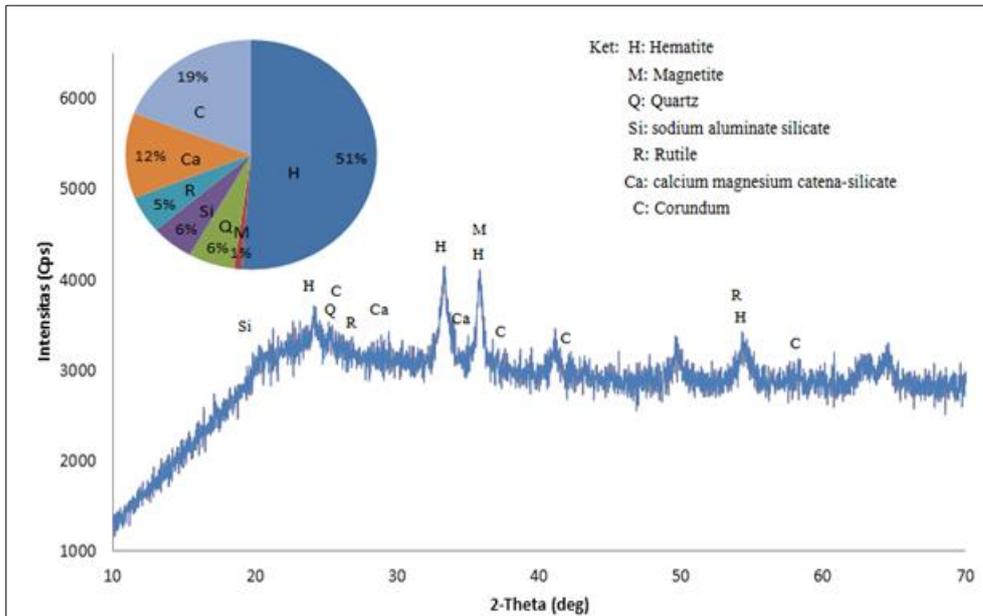
### SIMPULAN

Penambahan abu sekam padi pada lempung *laterite* dapat mempengaruhi kekuatan mekanik geopolimer dengan penambahan sampai 4,5% mengalami peningkatan dan penambahan abu sekam padi sebanyak 6% mengalami penurunan.

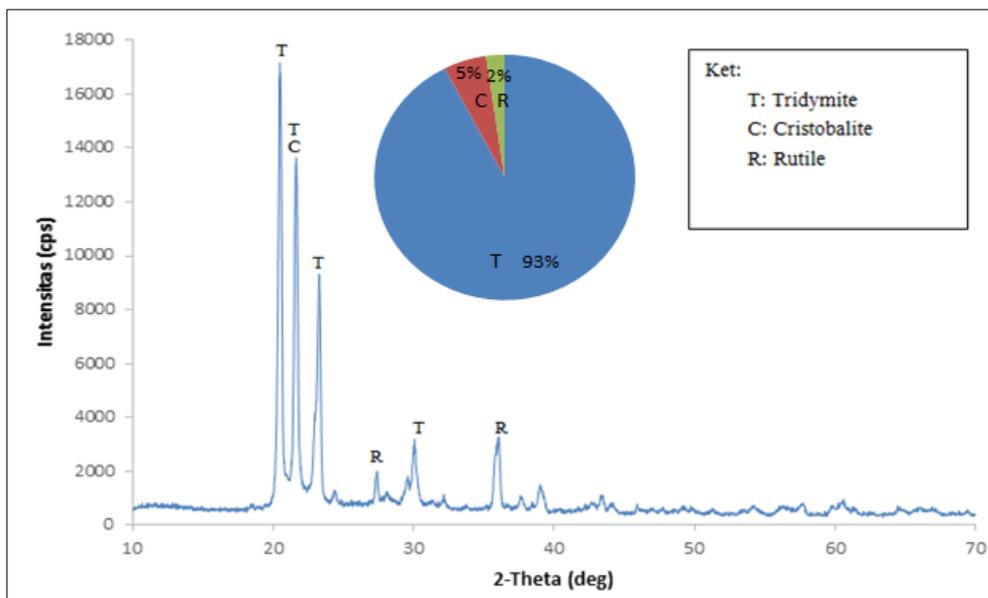
Nilai kuat tekan yang tertinggi yaitu sebesar 41,07 MPa.

Berdasarkan hasil analisis XRD dan SEM-EDS menunjukkan bahwa penambahan abu

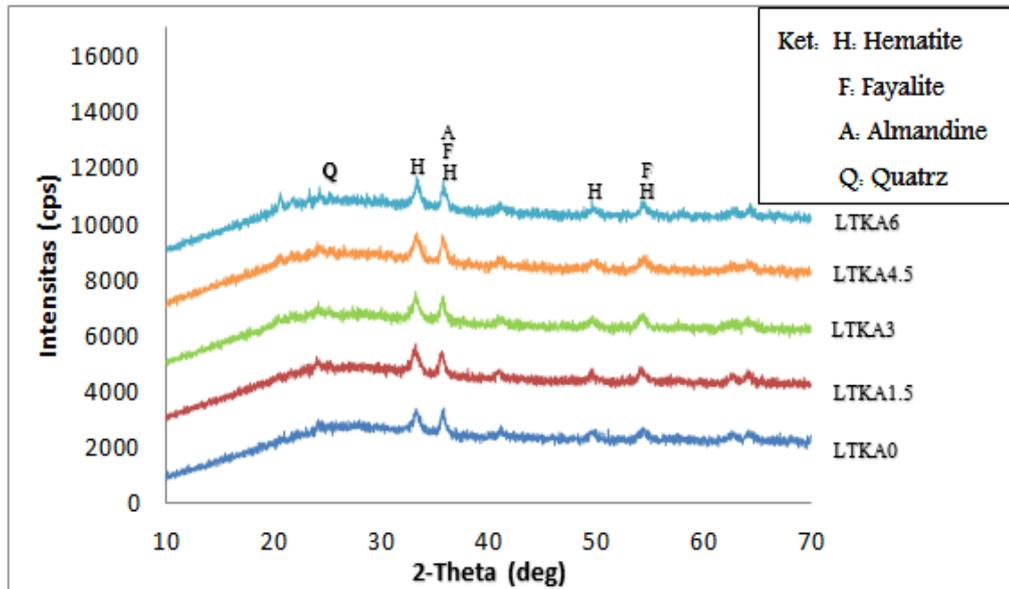
sekam padi tidak mempengaruhi struktur dan fase yang terbentuk pada setiap sampel dan tidak mempengaruhi sifat amorf dari geopolimer.



**Gambar 7.** Difraktogram lempung laterit hasil analisis XRD.



**Gambar 8.** Difraktogram abu sekam padi hasil analisis XRD



**Gambar 9.** Difraktogram masing-masing sampel geopolimer.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Chareerat, T. et al., 2008. *Composition And Microstructure Of Fly Ash Geopolymer Containing Rice Husk Ash*. Technology and Innovation For Sustainable Development Conference (TISD2008), 28-29 January
- Eko Yuan Torena, dkk. 2012. *Karakteristik Cebakan Bauksit Laterit Di Daerah Sepiluk – Senaning, Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat*. Buletin Sumber Daya Geologi Volume 7 Nomor 2 – 2012.
- Joel, M. & Agbede, I. O. 2011. *Mechanical-Cement Stabilization of Laterite for Use as Flexible Pavement Material*. J. Mater. Civ. Eng, 23(2), pp. 146-152.
- K. pimraksa, P. C., & A. Rungchet, K. S. C. 2011. *Lightweight Geopolymer Made of Highly Porous Siliceous Materials with Various Na<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Ratio*. Material Science and Engineering A, 6616-6623.
- Magdalena Lassinantti Gualtieri, et.al. 2015. *Inorganic polymers from laterite using activation with phosphoric acid and alkaline sodium silicate solution: Mechanical and microstructural properties*. Cement and Concrete Research, Volume 67, pages 259-270.
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J. & Windah, R. S., 2014. *Kuat Tekan Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)*. Jurnal Sipil Statistik, vol.2, no.6, pp. 277-282.
- Obonyo. Esther A. 2014. *A Sustainable Approach for the Geopolymerization of Natural Iron-Rich Aluminosilicate Material*. sustainability ISSN 2071-1050.
- Patrick N. Lemougna, et.al. 2014. *Influence Of The Processing Temperature On The Compressive Strength of Na Activated Laterite Soil For Building Applicants*. Construction and Building Materials, Volume 65, pages 60-65.
- Subaer, 2015. *Pengantar Fisika Geopolimer*. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.
- Susanti, dkk. 2015. *Pengembangan Geopolimer Berbasis Abu Terbang (Fly Ash) Untuk Aplikasi Beton Ringan Ramah Lingkungan (Green Light Concrete)*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY, 25 April 2015 ISSN : 0853-0823.
- Triyulia Ningsih. 2012. *Pemanfaatan Bahan Additive Abu Sekam Padi Pada Cement Portland Pt Semen Baturaja (Persero)*. Jurnal Teknik Kimia No. 4, Vol. 18.

