

## Keramik Mullite Berbahan Fly Ash, Al Dross, Basalt Terhadap Temperature Sintering Uji X-RF dan X-RD

F Ardiyansyah<sup>1</sup>, T O Rajagukguk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati, Bandar Lampung

E-mail: ferdyardiyansyah6545@gmail.com

### Abstrak

Keramik Mullite merupakan material campuran oksida yang terdiri dari  $Al_2O_3$  dan  $SiO_2$  dengan gabungan  $3Al_2O_3+2SiO_2$  dengan melakukan proses pencampuran sintesis. Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui unsur dan fasa yang terdapat pada keramik mullite. Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah fly ash, alumunium dross, dan basalt yang didapat dari Kabupaten Lampung Timur, Propinsi Lampung. Komponen tersebut dilakukan dengan cara pencampuran dengan menggunakan parameter perbandingan rasio, kemudian dilakukan perlakuan panas sintering dengan variasi Temperatur 600 oC, 900 oC, dan 1200oC selama 4 jam. Pengujian yang dilakukanda untuk melihat unsur keramik mullite menggunakan pengujian X-Ray Flourences (X-RF). Sedangkan untuk melihat fasa mullite menggunakan pengujian X-Ray Diffraction (X-RD). Penambahan fly ash, Alumunium Dross, dan Basalt akan berpengaruh terhadap unsur  $Al_2O_3$  keramik mullite. Dari hasil pengujian X-Ray Flourences (X-RF) nilai tertinggi unsur  $Al_2O_3$  terdapat pada sampel 1 dengan persentasi 41,062% dengan komposisi 40% flay ash, 60% alumunium dross pada Temperatur 6000C. Sedangkan nilai terendah unsur  $Al_2O_3$  dengan persentasi 28,381% terdapat pada sampel 9 dengan komposisi 60% flay ash, 30% alumunium dross, 10% basalt dengan suhu 1200oC. Penambahan basalt akan memepengaruhi unsur  $Al_2O_3$  akan menurun, sedangkan unsur  $Fe_3C$  yang semakin meningkat. Keramik Mullite yang berbahan dasar fly Ash, Alumunium Dross, dan Basalt terhadap variasi Temperature Sintering mendapatkan Fasa Mullite lebih dominan dengan persentasi 90,4% pada temperatur 1200oC dengan komposisi 50% flay ash, 45% alumunium dross, dan 5% basalt. Dari hasil pengujian X-Ray Diffraction (X-RD) semakin tinggi temperatur maka fasa mullite lebih dominan dari pada fasa yang lainnya.

**Kata kunci:** Keramik Mullite, Fly Ash, Basalt, Alumunium Dross, X-Ray Diffraction (X-RD), X-Ray Flourences (X-RF)

### PENDAHULUAN

Mullite merupakan material campuran dari dua macam oksida yang terdiri dari alumina ( $Al_2O_3$ ) dan silica ( $SiO_2$ ), dengan gabungan  $3Al_2O_3+2SiO_2$  dan dilakukan proses sintesis, serta kegunaan yang cukup luas (Nevivilanti et al., 2010). Mullite dapat dibuat menjadi keramik tradisional dan menjadi salah satu material keramik maju. Keramik mullite mempunyai sifat-sifat ekspansi dan konduktifitas termal yang rendah, resistensi yang sangat baik serta tahan terhadap temperatur suhu tinggi, itu sebabnya sering digunakan sebagai resisten listrik bertegangan tinggi. Berdasarkan penelitian Novivilanti dkk., 2010 membuat keramik mullite dari bahan sekam padi dan alumunium nitrat dengan memvariasikan temperature 800,900 dan 1000°C dengan pemeriksaan X-RD menunjukkan perkembangan pertumbuhan armorf dan fasa kristal serta mengalami proses kristalisasi yang menjadi mullite. Dari hasil penemuan pengamatan X-RF pada temperatur 800 masih mengalami perlakuan amorf yang belum mengalami perubahan sementara setelah dinaikan suhu 900 dan 1000°C. Dari hasil penelitian yang dilakukan setiadi dkk., 2018 bahan

mullite yang menggunakan bahan dasar abu vulkanik dan  $Al_2O_3$  dan dibuat menjadi pellet dan melakukan suhu sintering dari hasil uji densitas dan porositas sampel menunjukkan semakin tinggi suhu sintering nilai densitasnya meningkat dan porositasnya menurun. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh (Foo et al., 2019) dalam pengujian X-Ray Diffraction (X-RD) menunjukkan tentang fasa mullite dapat terbentuk pada temperatur 1200°C dan 1500°C.

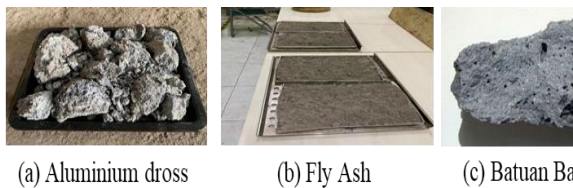
Bahan yang digunakan untuk membuat keramik mullite adalah fly ash, alumunium dross dan basalt. Fly ash bisa disebut juga dengan abu batu bara sisah hasil pembakaran batu bara yang ringan dan juga memiliki butiran yang halus. Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu terbang sisah hasil pembakaran abu batu bara pada PLTU Tarahan – lampung. Selain itu terdapat bahan alumunium dross adalah salah satu produk limbah yang diperoleh dari pemurnian alumunium atau sisah hasil pengecoran logam murni. Komponen utama dari limbah ini adalah logam. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Verma et al., 2020) ada banyak manfaat apabila dross dapat didaur ulang sebagai bahan dasar untuk membuat keramik mullite. Pemanfaatan alumunium dross juga karena dapat meningkatkan kekakuan, ketahanan

abrasi, dan kontrol mikro-retak material keramik mullite. Selain fly ash, aluminium dross basalt juga sangat penting untuk bahan pembuatan keramik mullite karena mengandung unsur kimia SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebagai oksida utama. Batuan basalt dapat juga disebut sebagai bahan yang memiliki sifat – sifat dasar kualitas seperti tingginya ketahanan abrasi/aus, kekuatan tekan dan ketahan reaksi dari bahan kimia (Hendronursito, 2019). Menurut penelitian yang sudah dilakukan oleh (Hameed Abdul & Salwa, 2005) batuan basalt merupakan bahan yang memiliki prospek paling bagus sebagai bahan pembuatan keramik mullite dan masih banyak untuk kegunaan lainnya.

**METODOLOGI**

**2.1 Material**

Keramik mullite terbuat dari bahan dasar aluminium dross, fly ash, dan basalt seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Bahan – bahan penelitian pembuatan keramik mullite

**2.2 Proses pembentukan keramik mullite**

Proses pembuatan keramik mullite dengan menyiapkan bahan dasar fly ash, aluminium dross, dan basalt. Bahan dasar yang sudah disiapkan, kemudian dicampur dengan larutan 2 molar HCl lalu masuk dalam proses leaching atau pencampuran bahan dan larutan selama 1 jam dengan menggunakan putaran 300 rpm, kemudian di saring menggunakan kertas saring hingga terpisahnya larutan dan serbuk yang telah dilakukan proses leaching menggunakan larutan kimia 2 molar HCl setelah ditiriskan menggunakan kertas saring lalu bahan yang telah di saring lalu di oven menggunakan suhu 120°C selama 2 jam setelah proses oven selesai lalu masuk ke proses pellet atau cetak dengan ukuran tinggi 2 cm dan diameter 2 cm menggunakan cetakan yang terbuat dari logam, setelah proses cetak kemudian material di furnace atau di sintering dengan suhu 600 °C, 900 °C, 1200°C selama 4 jam. Berikut ini adalah parameter Keramik mullite :

Tabel 1. Parameter Keramik mullite

No Sampel	Rasio FA vs AD	Basalt (%)	Temperatur (°C)
1	2:3	0	600
2	2:3	0	900
3	2:3	0	1200
4	1:1	5	900
5	1:1	5	1200
6	1:1	5	600
7	3:2	10	1200
8	3:2	10	600
9	3:2	10	900

**2.3 X-Ray Fluorences Type PAN analytical Epsilon3 XLE dan X-ray diffraction Type PAN analytical X’Pert3 Powder.**

X-Ray Fluorences (X-RF) adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui unsur suatu material keramik mullite. Metode ini memperoleh dua jenis hasil berdasarkan hasil analisa penelitian dan analisa kuantitatif. Pada hasil yang didapat analisis kualitatif dapat disimpulkan bahwa spektrum yang menggantikan jenis unsur sesuai dengan energi sinar-X karakteristiknya, namun pada hasil analisis kuantitatif didapatkan melalui perbandingan antara intensitas sampel dengan standar Type PAN analytical Epsilon3 XLE Sedangkan X-Ray Diffaction (X-RD) sebuah alat yang dapat digunakan untuk memeriksa struktur kristal dari bahan atau zat yang halus. Sampel analisis X-RD meliputi pembuatan serbuk yang diperoleh dari spesimen yang akan di uji kemudian dilakukan pengayakan mesh 325 untuk memperoleh ukuran butir yang seragam. Adapun jenis X-RD yang digunakan adalah type Pananalytical Xpert3 Powder (X-RD) dengan Cu-Kα yang beroperasi pada 40 kV and 30 mA.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

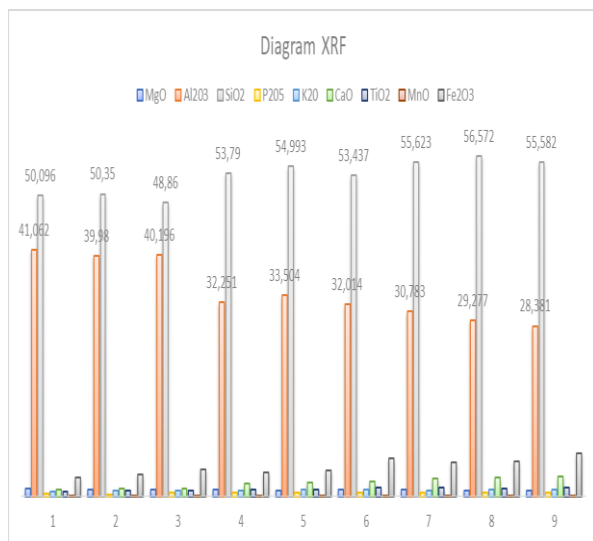
Keramik mullite dengan bahan dasar aluminium dross, fly ash, dan basalt dapat dilihat yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Keramik mullite berbahan dasar aluminium dross, fly ash, dan basalt.

### 3.1 Pengujian X-RF pada keramik mullite

Pengujian komposisi kimia X-RF dilakukan dengan penghancuran menggunakan ballmill hingga berbentuk serbuk. Serbuk hasil milling kemudian dilakukan pengayakan lolos mesh 325. Ukuran mesh ini merupakan standar pengujian yang harus dilakukan untuk memperoleh tingkat ketelitian hasil yang diharapkan. Komposisi kimia keramik mullite yang telah mengalami pembentukan kristal pada suhu 600, 900, 1200°C selama 4 jam ditunjukkan pada gambar 3.



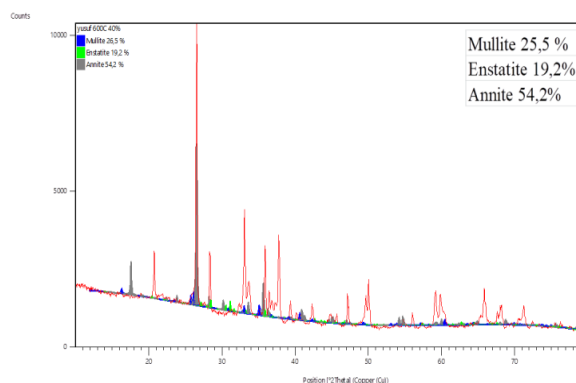
Gambar 3. Diagram X-RF

Komposisi kimia keramik mullite dengan penambahan basalt terhadap suhu sintering yang telah mengalami pembentukan kristal pada temperatur 600°C, 900°C, 1200°C selama 4 jam. Kandungan kimia keramik mullite yang telah melalui proses kristalisasi tidak menunjukkan perubahan yang berarti antara satu proses dengan proses yang lainnya pada setiap parameter yang memiliki penambahan flay ash. Kandungan unsur SiO<sub>2</sub> mendapatkan nilai yang terendah 48,86% pada temperatur 1200°C sedangkan unsur SiO<sub>2</sub> yang tertinggi 56,57% pada temperatur 900°C. Dari komposisi keramik mullite yang berbeda setiap spesimen menunjukkan kandungan oksida pembentuk (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang akan menghasilkan ketahanan kimia yang baik. Oksida TiO<sub>2</sub> berpengaruh terhadap pembentukan struktur kristal halus secara spontan (Ergul et al., 2009).. Pada batuan basalt rasio CaO:MgO dan rasio CaO:Na<sub>2</sub>O memiliki peran penting dalam mendorong kepadatan nukleasi. Suhu leleh, kemampuan kerja, dan kristalisasi gelas berbasis basalt bergantung pada CaO:Na<sub>2</sub>O dan Rasio CaO:MgO.

### 3.2 Pengujian X-Ray Diffraction

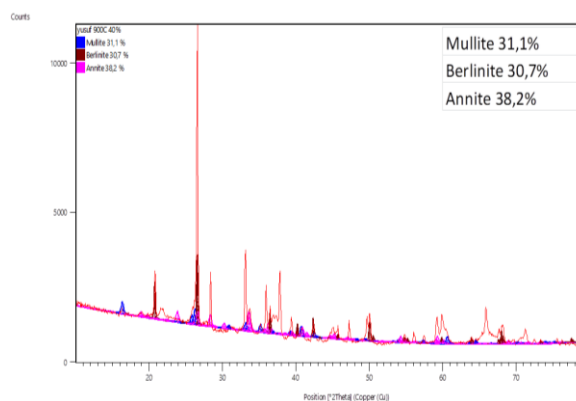
Pengolahan data output X-RD menggunakan

perangkat lunak High Score Plus. Gambar 4 menunjukkan X-RD spesimen 1 dengan komposisi 40% flay ash, 60% alumunium dross dengan suhu 600°C. Difraksi X-Ray Differection pada spesimen keramik Mullite pada spesimen 1 menunjukkan pembentukan fasa kristal keramik mullite yaitu 25,5 % Mullite, 19,2% Enstatite, 54,2% Annite. Kristal Enstatite dominan pada posisi [ °2Th ]: 26,529; d-spacing: 3,34; dn dengan ketinggian 10461.



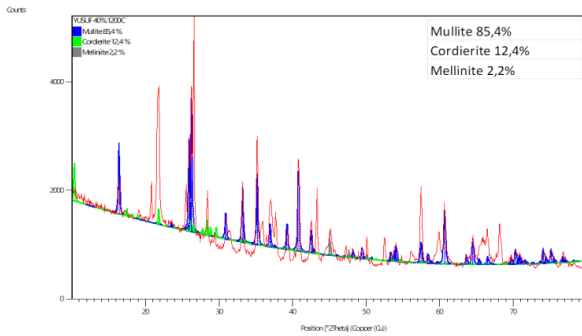
Gambar 4. Hasil X-RD Spesimen 1

Gambar 5 menunjukkan X-RD spesimen 2 dengan komposisi 40% flay ash, 60% alumunium dross dengan suhu 900°C. Difraksi X-Ray Differection pada spesimen keramik Mullite pada spesimen 2 menunjukkan terjadinya pembentukan fasa kristal keramik mullite yaitu 31,1% Mullite, 30,7% Berlinite, 38,2% Annite. Kristal Berlinite dominan terbentuk pada posisi [ °2Th ]: 26,701; d-spacing: 3,33; dn dengan ketinggian 11229.



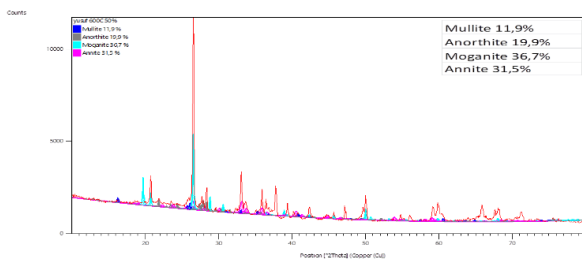
Gambar 5. Hasil X-RD Spesimen 2

Gambar 6 menunjukkan X-RD spesimen 3 dengan komposisi 40% flay ash, 60% alumunium dross dengan suhu 1200°C. Difraksi X-Ray Differection pada spesimen keramik Mullite pada spesimen 3 menunjukkan terjadinya pembentukan fasa kristal keramik mullite yaitu 85,4% Mullite, 12,4% Cordierite, dan 2,2% Melliniite. Kristal Mullite dominan terbentuk pada posisi [ °2Th ]: 26,701; d-spacing: 3,33; dn dengan ketinggian 5220.



Gambar 6. Hasil X-RD Spesimen 3

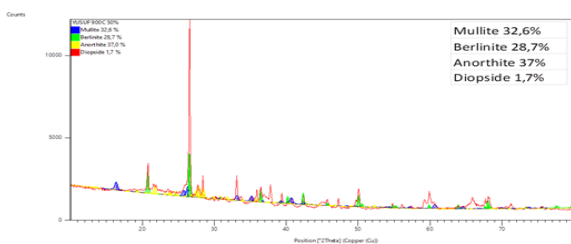
Gambar 7 menunjukkan X-RD spesimen 4 dengan komposisi 50% flay ash, 45% aluminium dross, dan 5% basalt dengan suhu 600°C.



Gambar 7. Hasil X-RD Spesimen 4

Difraksi X-Ray Differection pada spesimen keramik Mullite pada spesimen 4 menunjukkan terjadinya pembentukan fasa kristal keramik mullite yaitu 11,9% Mullite, 19,9% Anorthite, Annite 31,5% dan 36,7% Moganite. Kristal Moganite dominan terbentuk pada posisi [ °2Th ]: 26,701; d-spacing: 3,33; dn dengan ketinggian 5220.

Gambar 8 menunjukkan X-RD spesimen 5 dengan komposisi 50% flay ash, 45% aluminium dross, dan 5% basalt dengan suhu 900°C.

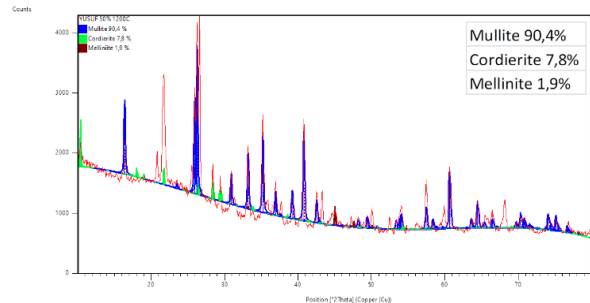


Gambar 8. Hasil X-RD Spesimen 5

Difraksi X-Ray Differection pada spesimen keramik Mullite pada spesimen 5 menunjukkan terjadinya pembentukan fasa kristal keramik mullite yaitu 32,6% Mullite, Berlinite 28,7%, Anorthite 37% dan Diopside 1,7%. Kristal Anorthite dominan terbentuk pada posisi [ °2Th ]: 26,576; d-spacing: 3,33; dn dengan ketinggian 11679.

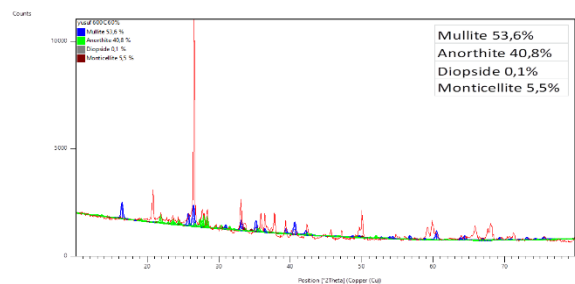
Gambar 9 menunjukkan X-RD spesimen 6 dengan komposisi 50% flay ash, 45% aluminium dross, dan 5% basalt dengan suhu 1200°C. Difraksi X-

Ray Differection pada spesimen keramik mullite pada spesimen 6 menunjukkan terjadinya pembentukan fasa kristal keramik Mullite yaitu 90,4% Mullite, 7,8% Cordierite, dan 1,9% Mellinite. Kristal Mullite dominan terbentuk pada posisi [ °2Th ]: 26,702; d-spacing: 3,33; dn dengan ketinggian 4365.



Gambar 9. Hasil X-RD Spesimen 6

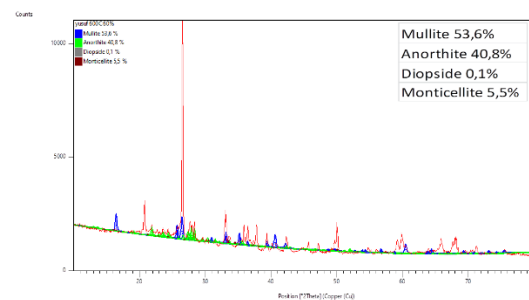
Gambar 10 menunjukkan X-RD spesimen 7 dengan komposisi 60% flay ash, 30% aluminium dross, dan 10% basalt dengan suhu 600°C.



Gambar 10. Hasil X-RD Spesimen 7

Difraksi X-Ray Differection pada spesimen keramik Mullite pada spesimen 7 menunjukkan terjadinya pembentukan fasa kristal keramik mullite yaitu 53,6% Mullite, 40,8% Anorthite, 0,1% Diopside, 5,5% Monticellite. Kristal Mullite dominan terbentuk pada posisi [ °2Th ]: 26,576; d-spacing: 3,35; dn dengan ketinggian 10982.

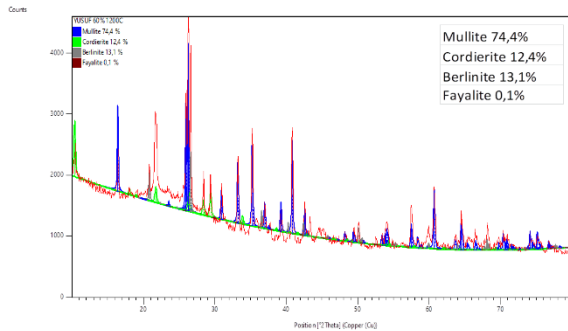
Gambar 11 menunjukkan X-RD spesimen 8 dengan komposisi 60% flay ash, 30% aluminium dross, dan 10% basalt dengan suhu 900°C.



Gambar 11. Hasil X-RD Spesimen 8

Difraksi X-Ray Differection pada spesimen keramik Mullite pada spesimen 8 menunjukkan terjadinya pembentukan fasa kristal keramik mullite yaitu 60,8% Mullite, 30,8% Anorthite, dan 2,4% Diopside. Kristal Mullite dominan terbentuk pada posisi [ °2Th ]: 26,829; d-spacing: 3,32; dn dengan ketinggian 11831.

Gambar 12 menunjukkan X-RD spesimen 9 dengan komposisi 60% flay ash, 30% alumunium dross, dan 10% basalt dengan suhu 1200°C.



Gambar 12. Hasil X-RD Spesimen 9

Difraksi X-Ray Differection pada spesimen keramik mullite pada spesimen 9 menunjukkan terjadinya pembentukan fasa kristal keramik mullite yaitu 74,4% Mullite, 12,4% Coedierite, 13,1% Berlinite dan 0,1% Fayalite. Kristal Mullite dominan terbentuk pada posisi [ °2Th ]: 26,323; d-spacing: 3,38; dn dengan ketinggian 4670.

Nampak hasil pada X-RD sampel satu sampai dengan sembilan menghasilkan fasa Mullite. Mullite merupakan keramik berstruktur kristal ortorombik dengan parameter kisi  $a = 7,54 \text{ \AA}$ ,  $b = 7,69 \text{ \AA}$  dan  $c = 2,88 \text{ \AA}$  (Mao et al., 2005). Kehadiran alumina di dalam mullite matriks dapat dijelaskan dalam hal transformasi mullite yang dapat dipandang sebagai dekomposisi terhadap reaksi  $2(2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2) \rightarrow 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + \alpha\text{Al}_2\text{O}_3$  (Li & Thomson, 1991). Hasil ini tampaknya berbeda dengan temuan Septawendar, dkk. (Sutardi et al., 2013) yang melaporkan bahwa transformasi mullite mengikuti langkah-langkah  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 \text{ amorf} \rightarrow \text{mullite} + \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{amorf}$  dari  $\text{SiO}_2$ . Sementara itu, mullite dan spinel diidentifikasi untuk rute mullitisasi aluminium nitrat tidak hidrat dan TEOS (Mizukami et al., 1997). Fase bervariasi yang diamati ini mencerminkan peran bahan baku dalam mengatur pembentukan fase dalam mullite.

## KESIMPULAN

Dapat disimpulkan pada hasil pengujian X-RF keramik mullite didapatkan nilai tertinggi 41,062%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  berbahan dasar 40% fly ash dan 60%

alumunium dross dengan suhu 600°C, sedangkan nilai terendah 28,381%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  berbahan dasar 60% fly ash, 30% alumunium dross, basalt 10% dengan suhu 1200°C. Pada unsur yang lain yaitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  didapatkan nilai tertinggi 7,139% berbahan dasar 60% fly ash, 30% alumunium dross, basalt 10% dengan suhu 1200°C, sedangkan nilai terendah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebesar 3,175% berbahan dasar 40% fly ash dan 60% alumunium dross dengan suhu 600°C. Penambahan basalt menyebabkan terjadinya persentase pada unsur  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan penurunan terhadap persentase unsur  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Dari hasil pengujian X-Ray Diffraction (X-RD) semakin tinggi temperatur maka fasa mullite lebih dominan dari pada fasa yang lainnya. Pada spesimen 3, 6, dan 9 dengan suhu 1200°C memiliki nilai fasa dominan mullite berturut sebesar 85,4% ; 90,4% ; dan 74,4%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyatakan bahwa semua penulis yang terlibat dalam penulisan ini merupakan kontributor utama. Pengujian X-Ray Diffraction dan X-Ray Fluorences disupport oleh Infrastruktur dan Inovasi Badan Riset dan Inovasi Nasional Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdel-Hameed, Salwa. "Preparation and dielectric properties of pyroxenic basalt based-glass/mullite composites." Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series B Chemistry and Chemical Engineering 51.01 (2005).
- [2] Ergul, S., Akyildiz, M., & Karamanov, A. (2007). Ceramic material from basaltic tuffs. *Industrial Ceramics*, 27(2), 89–94.
- [3] Foo, C. T., Salleh, M. A. M., Ying, K. K., & Matori, K. A. (2019). Mineralogy and thermal expansion study of mullite-based ceramics synthesized from coal fly ash and aluminum dross industrial wastes. *Ceramics International*, 45(6), 7488–7494. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.01.041>
- [4] Hendronursito, Y., Barus, J., Amin, M., Al Muttaqii, M., Rajagukguk, T. O., Isnugroho, K., & Birawidha, D. C. (2019) "The local mineral potential from East Lampung-Indonesia: the use of basalt rock as a stone meal for cassava plant. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 7(1), 1977.

- [5] Mizukami, F., Maeda, K., Toba, M., Sano, T., Niwa, S. I., Miyazaki, M., & Kojima, K. (1997). Effect of Organic Ligands Used in Sol-Gel Process on the Formation of Mullite. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 8(1–3), 101–106. <https://doi.org/10.1007/BF02436825>
- [6] Nevivilanti, S., Venia, F., & Sembiring, S. (2010). Karakteristik Keramik Mullite Dari Silika Sekam Padi Akibat Perlakuan Kalsinasi. *Sn Smap*, 36–40.
- [7] Sari, R. K. (2016). Potensi Mineral Batuan Tambang Bukit 12 dengan Metode X-RD, X-RF, dan AAS. *Eksakta*, 2, 13–23.
- [8] Siswati, N. D., Ardiantono, F. A., & Putri, L. K. (2018). Karakterisasi Komponen Aktif Pozzolan Untuk Pengembangan Portland Pozzolan Cement (Ppc). *Jurnal Teknik Kimia*, 12(2), 52–56. <https://doi.org/10.33005/tekkim.v12i2.1085>
- [9] Sutardi, S., Septawendar, R., & Rachman, A. (2013). Preparation of nano mullite from activated kaolin and gibbsite at a low temperature. *Journal of Ceramic Processing Research*, 14(3), 400–404. Mao, H., Selleby, M., & Sundman, B. (2005). Phase equilibria and thermodynamics in the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> system - Modeling of mullite and liquid. *Journal of the American Ceramic Society*, 88(9), 2544–2551. <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2005.00440>.
- [10] Verma, S. K., Dwivedi, V. K., & Dwivedi, S. P. (2020). Utilization of aluminium dross for the development of valuable product - A review. *Materials Today: Proceedings*, 43(May), 547–550. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.045>