

## PEMBUATAN PIPA KERAMIK BERBASIS ALUMINA DENGAN METODE EKSTRUSI

*Fabrication of Ceramic Alumina Tube by Extrusion Method*

Suzanne Agustin <sup>a</sup>, Kristanto Wahyudi <sup>b</sup>, Rizky Berliana W<sup>b</sup>, Maulid Purnawan<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Kemenperin

Jl. Gatot Subroto No.52-53 Jakarta 12950

<sup>b</sup>Balai Besar Keramik, Jl. Jend Ahmad Yani No 392 Bandung 40272

Naskah masuk: 30 September 2019, Revisi: 12 November 2019, Diterima: 21 November 2019

### ABSTRAK

Pipa keramik banyak digunakan sebagai peralatan proses di berbagai industri. Salah satu bahan yang digunakan sebagai bahan baku pipa keramik adalah alumina. Metode ekstrusi dipilih karena bisa menghasilkan penampang dengan ukuran yang stabil. Karakteristik produk yang dihasilkan tergantung dari jumlah dan komposisi kimia kristal yang terbentuk. Terbentuknya mullite sebagai mineral utama akan meningkatkan ketahanan terhadap kejutan suhu karena mullite mempunyai koefisien muai suhu yang rendah. Komposisi B dengan persentase alumina 50%, kaolin 30%, clay 10% serta MgO 10% menghasilkan sampel dengan ketahanan kejutan suhu yang paling baik. Hasil pengukuran kuat lentur dari komposisi B sebesar 2400,52 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** Pipa keramik, Alumina, Ekstrusi, Mullite, Kuat lentur.

*Ceramic tubes are widely used as process equipment in various industries. One of the materials used as raw material for ceramic tubes is alumina. Materials are processed by vacuum extruder to obtain products with constant cross section. The characteristics of the products depend on the amount and chemical composition of the crystals formed. The formation of mullite as the main mineral will increase thermal shock resistance because mullite has a low expansion coefficient. Composition B with the percentage of 50% alumina, 30% kaolin, 10% clay and 10% MgO provide the best temperature shock resistance. The measurement result for flexural strength of composition B is 2400.52 kg / cm<sup>2</sup>*

**Keywords:** Ceramic tube, Alumina, Extrusion, Mullite, Flexural strength.

## I. PENDAHULUAN

Karakteristik bahan keramik diantaranya adalah ketahanan korosi dan abrasi yang baik, tahan terhadap temperatur operasi tinggi serta mempunyai kejut suhu yang baik. Sifat tersebut membuat keramik banyak digunakan sebagai alat proses di berbagai industri yang menerapkan temperatur operasional tinggi[1]. Salah satu aplikasinya adalah keramik dengan bentuk pipa. Pipa keramik banyak dimanfaatkan sebagai filter, pipa untuk mengalirkan bahan kimia tertentu, *roller* untuk *Rotary Heart Kiln* (RHK) dan pipa pelindung sensor panas termokopel. Pemilihan jenis bahan keramik yang digunakan disesuaikan dengan kondisi operasional dan persyaratan proses.

Alumina banyak digunakan sebagai bahan baku pipa keramik karena memiliki titik lebur yang tinggi (2072 °C), kekerasan yang baik (14,7 GPa pada skala Vickers)[2], kekuatan mekanik yang tinggi dan inert[3]. Ketahanan terhadap kejut suhu merupakan parameter penting dari pipa keramik. Magnesium oksida (MgO) dijadikan sebagai bahan aditif untuk meningkatkan kejut suhu pipa keramik. Disamping itu, MgO berfungsi sebagai sintering aid / penurun suhu sintering sehingga pada suhu

pembakaran 1300 °C produk telah memiliki kekuatan mekanik yang baik.

Pipa keramik dihasilkan melalui pembakaran temperatur tinggi menghasilkan produk yang sinter dan membentuk jenis mineral tertentu. Bahan oksida yang membentuk produk keramik umumnya adalah CaO, MgO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Perbedaan komposisi bahan akan menyebabkan terbentuknya mineral yang berbeda diantaranya mullite, korundum, kordierit serta spinel.

Diantara mineral yang terbentuk dari hasil pembakaran adalah mullite yang merupakan mineral dengan banyak keunggulan yaitu memiliki thermal ekspansi yang rendah sehingga akan meningkatkan kejut suhunya, memiliki konduktivitas termal yang rendah, memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi, serta memiliki ketahanan terhadap abrasi[4][5][6].

Pipa alumina impor dari Kuo Ho Taiwan digunakan sebagai pembanding hasil penelitian dengan karakteristik sesuai Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik pipa impor[7]

No	Karakteristik	Roller Alumina			
		Jenis 1	Jenis 2	Jenis 3	Jenis 4
1	Temperatur Operasi	1250°C	1250°C	1250°C	1250°C
2	% wt Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72-74	73-75	74-76	75-77

No	Karakteristik	Roller Alumina			
		Jenis 1	Jenis 2	Jenis 3	Jenis 4
3	Mineral	Mullite, Corundum Cordierit	Mullite, Corundum Cordierit	Mullite, Corundum	Mullite, Corundum
4	Densitas, g/cm <sup>3</sup>	2,3	2,4	2,6	2,7
5	Porositas semu, %	25	24	21	18
6	Penyerapan air, %	11-13	10-11	8-9	6-8
7	Kuat tekan, kg/cm <sup>2</sup>	250-300	330-380	400-450	500-550
8	Thermal ekspansi, /°C (20-1000°C)	4,9x10 <sup>-6</sup>	4,7x10 <sup>-6</sup>	5,8x10 <sup>-6</sup>	5,9x10 <sup>-6</sup>
9	Kejut suhu	Sangat baik	Sangat baik	Baik	Baik

Penelitian mengenai pipa keramik banyak difokuskan pada pemilihan bahan yang sesuai, pemilihan teknologi yang tepat, serta proses pembentukan, pengeringan dan pembakaran dengan target memperoleh purwarupa yang memenuhi persyaratan.

Penelitian terdahulu dalam pembuatan pipa alumina terkendala dalam proses pembentukan karena pipa yang dihasilkan belum simetris. Untuk memperbaiki masalah tersebut diperlukan teknik khusus berupa pengaturan teknik ekstruder secara vakum. Penelitian ini bertujuan untuk mencari komposisi bahan yang sesuai sehingga menghasilkan pipa yang memenuhi persyaratan mendekati karakteristik pipa impor.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa alumina, *ball clay* Kalbar, kaolin Belitung, Magnesia (MgO) serta CarboxyMethylCellulose (CMC). Bahan-bahan ditimbang sesuai dengan komposisi pada Tabel 2 dan ditambah dengan air serta bahan aditif (CMC) lalu digiling di dalam potmill selama ±15 jam dan hasil gilingan disaring lolos ayakan 250 mesh. Masa slip dikeringkan hingga mencapai kadar air ± 20% lalu dilakukan pembentukan benda uji dan contoh uji pipa alumina dengan proses ekstrusi[8][9][10][11][12] selanjutnya benda uji dikeringkan. Benda uji lalu dibakar menggunakan tungku gas pada suhu 1400° dan 1450°C dengan penahanan selama 1 jam. Benda uji hasil bakaran kemudian diuji sifat-sifat fisis keramikanya.

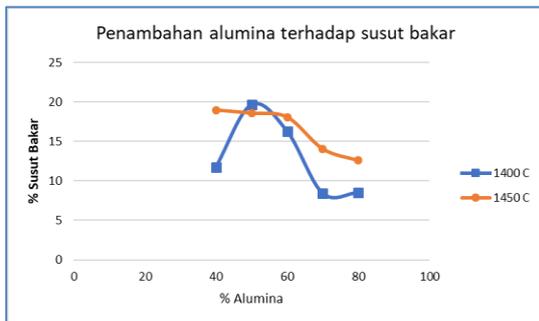
**Tabel 2.** Komposisi bodi alumina

No	Jenis Bahan	Komposisi				
		A	B	C	D	E
1	Alumina	40	50	60	70	80
2	Kaolin	40	30	20	10	-
3	Ball clay kalbar	10	10		10	10
4	MgO	10	10	10	10	10

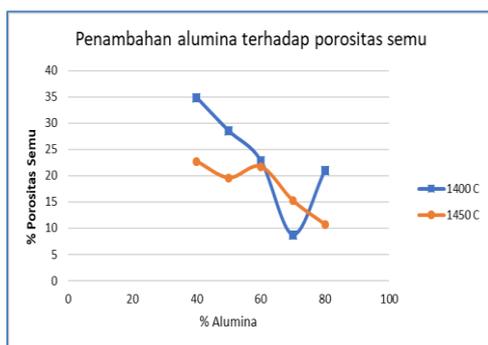
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Sifat-sifat fisis

Hasil pengujian sifat kering dan sifat bakar terhadap benda coba yang dibakar pada suhu bakar 1400°C dan 1450°C ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik penambahan alumina terhadap susut bakar

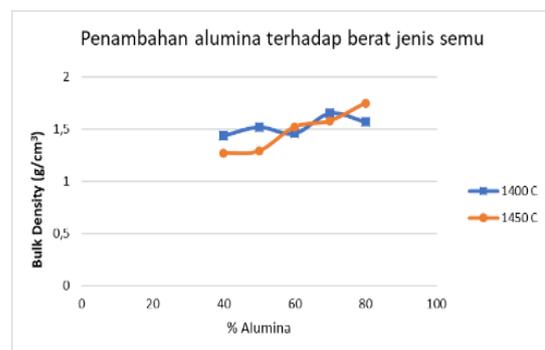


**Gambar 2.** Penambahan alumina terhadap porositas semu

Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan persentase alumina dalam komposisi pipa keramik dapat menurunkan susut bakar pada suhu 1400°C maupun 1450°C. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kadar alumina dalam komposisi mengakibatkan suhu sintering pipa keramik menjadi lebih tinggi. Hal tersebut diperkuat oleh data pengujian porositas pada gambar 2. Dengan

meningkatnya kadar alumina baik untuk suhu bakar 1400°C maupun 1450°C menghasilkan pipa keramik lebih porous.

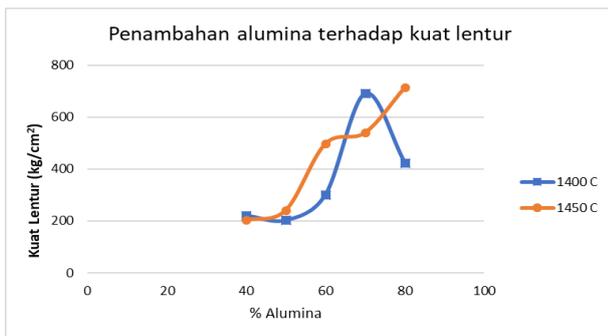
Pada komposisi pipa keramik dengan persentase alumina 60%, susut bakar dan porositas produk suhu 1400°C maupun 1450°C memiliki nilai yang relatif sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kedua suhu tersebut pipa keramik memiliki bentuk dan kepadatan yang stabil (sinter sempurna) terutama pada suhu pembakaran 1450°C[13][10].



**Gambar 3.** Penambahan alumina terhadap berat jenis semu.

Dilihat dari kecenderungan yang ditunjukkan pada Gambar 3, penambahan alumina dapat meningkatkan densitas keramik. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh dari alumina yang memiliki densitas yang tinggi yaitu 3,66 g/cm<sup>3</sup>, sehingga semakin besar kadar alumina maka akan semakin besar densitas yang dihasilkan. Begitu juga dengan kekuatan mekaniknya yang dapat

dilihat pada Gambar 4. Untuk suhu bakar yang berbeda, dengan naiknya jumlah alumina maka terdapat kecenderungan kenaikan nilai kuat lentur.



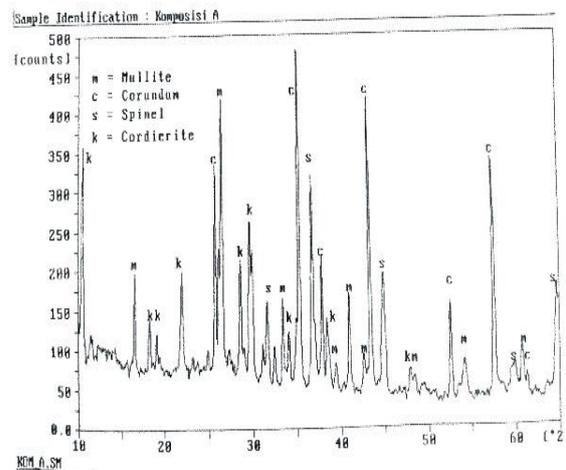
**Gambar 4.** Grafik penambahan alumina terhadap kuat lentur

## 2. Kandungan Mineralogi

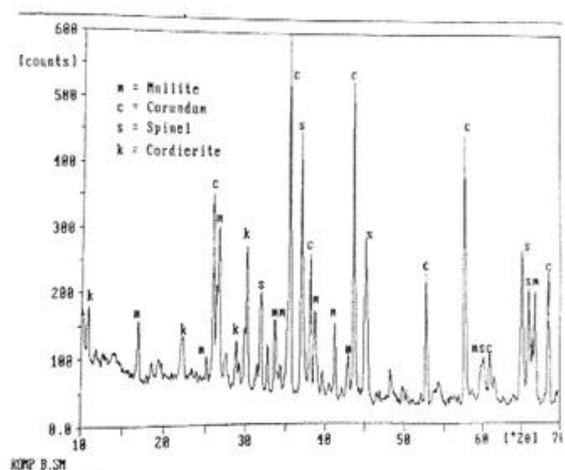
Hasil pengujian XRD pada berbagai komposisi dan pipa impor ditunjukkan pada Gambar 5 hingga 10. Dari hasil pengujian dengan menggunakan XRD dapat dilihat bahwa komposisi yang dihasilkan dari kode A,B,C menghasilkan mineral mayoritas seperti mullite dan korundum sedangkan spinel dan kordierit muncul dengan intensitas yang rendah. Hal tersebut sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa mullite akan terbentuk pada kandungan alumina <70%[4][5]. Munculnya mineral spinel dan kordierit karena adanya penambahan MgO untuk semua komposisi. Untuk

komposisi dengan kode D dan E, mineral yang terbentuk adalah korundum dan spinel karena kadar alumina yang digunakan >70% dan penambahan kaolin relatif kecil / tidak ada.

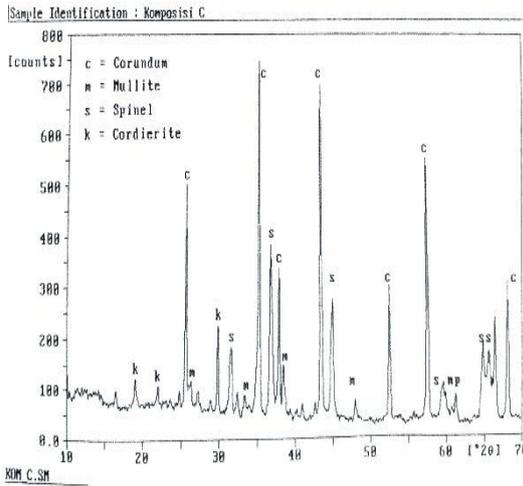
Sedangkan untuk pipa alumina produk impor, hasil pengujian XRD menunjukkan adanya mineral mullite dan korundum.



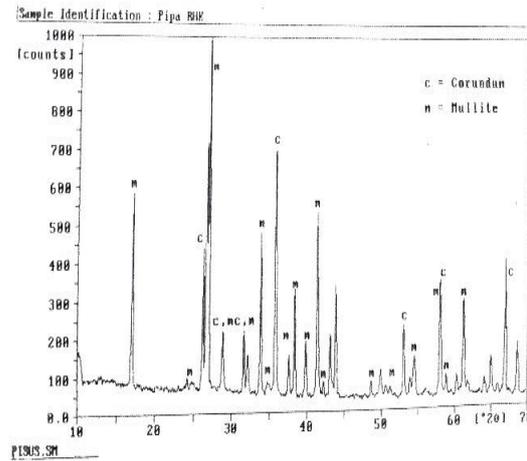
**Gambar 5.** Difraktogram untuk sampel dengan komposisi A



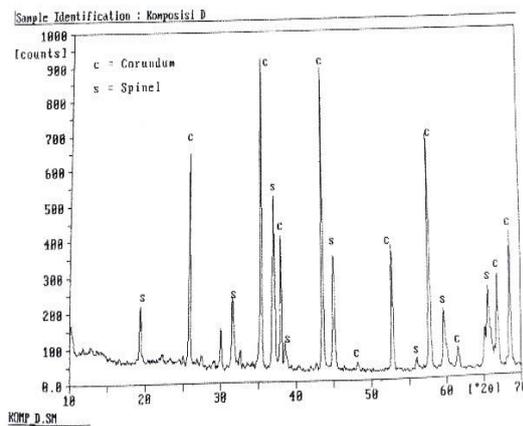
**Gambar 6.** Difraktogram untuk sampel dengan komposisi B



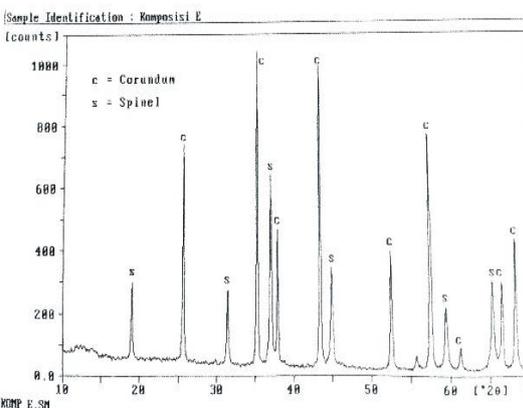
Gambar 7. Difraktogram untuk sampel dengan komposisi C



Gambar 10. Difraktogram untuk pipa impor



Gambar 8. Difraktogram untuk sampel dengan komposisi D



Gambar 9. Difraktogram untuk sampel dengan komposisi E

Tabel 3. Hasil kandungan mineral komposisi pipa alumina

No	Komposisi	Kandungan Mineral
1	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mullite</li> <li>• Corundum</li> <li>• Spinel</li> <li>• Cordierite</li> </ul>
2	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mullite</li> <li>• Corundum</li> <li>• Spinel</li> <li>• Cordierite</li> </ul>
3	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mullite</li> <li>• Corundum</li> <li>• Spinel</li> <li>• Cordierite</li> </ul>
4	D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corundum</li> <li>• Spinel</li> </ul>
5	E	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corundum</li> <li>• Spinel</li> </ul>
6	Pipa Impor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mullite</li> <li>• Corundum</li> </ul>

### 3. Ketahanan Terhadap Kejut Suhu

Pengujian kejut suhu dilakukan pada suhu 1000°C kemudian dicelupkan ke dalam air (suhu ±25°C).

Pengujian untuk tiap sampel dilakukan selama 25 menit, 10 menit di dalam tungku, 15 menit di dalam air. Pengujian dilakukan hingga sampel mengalami kerusakan. Dari data kejut suhu, komposisi B untuk suhu bakar 1400°C maupun memiliki ketahanan terhadap kejut suhu yang baik.

**Tabel 4.** Ketahanan terhadap kejut suhu

No	Sifat	Komposisi Benda Coba				
		A	B	C	D	E
1	Ketahanan terhadap kejut suhu untuk suhu bakar 1400°C, siklus	3	6	3	3	3
	Ketahanan terhadap kejut suhu untuk suhu bakar 1450°C, siklus	3	6	3	3	3

Berdasarkan data tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa komposisi B merupakan komposisi yang optimal untuk pembuatan pipa keramik berbasis alumina. Ketahanan kejut suhu pada komposisi B lebih baik dibandingkan dengan komposisi yang lain. Hal tersebut terjadi karena adanya mineral mullite yang dapat meningkatkan ketahanan terhadap kejut suhu.

Untuk komposisi D dan E, kuat lentur semakin meningkat seiring dengan naiknya jumlah alumina. Hal itu disebabkan oleh mineral yang terbentuk pada komposisi tersebut

adalah korundum yang memiliki kuat mekanik dan kekerasan yang tinggi. Namun akibat kondisi bodi yang belum sinter, maka porositasnya meningkat (Gambar 2).

Walaupun demikian, hasil penelitian ini masih harus dikembangkan lagi agar sifat fisik dan termalnya dapat menyamai produk pipa impor. Dengan menaikkan suhu bakar dan memperbaiki trayek bakarnya, diharapkan akan didapatkan hasil yang lebih optimum.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa komposisi optimum adalah komposisi B yaitu 50% alumina, 30% kaolin, 10% clay dan 10% MgO didasarkan pada ketahanan kejut suhu yang tinggi. Hasil penghitungan densitas yang masih rendah dan porositas yang semakin tinggi dengan naiknya jumlah alumina menunjukkan bahwa pembakaran pada suhu 1400°C dan 1450°C ternyata belum memberikan bodi yang sinter. Meskipun belum mencapai titik sinter, penambahan alumina dalam komposisi dapat menaikkan densitas dan kekuatan mekanik

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rakshit and A. K. Das, "A review on cutting of industrial ceramic materials," *Precis. Eng.*, vol. 59, no. January, pp. 90–109, 2019.
- [2] K. Geric, "Ceramics Tool Materials with Alumina Matrix," *Mach. Des.*, vol. 3, pp. 367–372, 2010.
- [3] D. Whitney, *Ceramic Cutting Tools*, vol. 2, no. 1993. Elsevier Ltd, 2014.
- [4] J. Anggono, "Mullite Ceramics : Its Properties , Structure , and Synthesis," *J. Tek. MESIN*, vol. 7, pp. 1–10, 2005.
- [5] H. Schneider, J. Schreuer, and B. Hildmann, "Structure and properties of mullite — A review," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 28, pp. 329–344, 2008.
- [6] T. F. Krenzel and J. Schreuer, "Thermo - mechanical properties of mullite ceramics : New data," *J. Am. Ceram. Soc.*, vol. 102, no. April 2018, pp. 416–426, 2019.
- [7] L. KUO HO TECHNICAL CERAMIC CO., "Technical Data Sheet KH757," *Cerollex® high temperature ceramic roller/ ceramic tube/ electroceramic*, 2019.
- [8] N. Vitorino, C. Freitas, M. J. Ribeiro, J. C. C. Abrantes, and J. R. Frade, "Applied Clay Science Porous hollow tubes processed by extrusion of ceramic emulsions," *Appl. Clay Sci.*, vol. 105–106, pp. 60–65, 2015.
- [9] N. Vitorino, C. Freitas, M. J. Ribeiro, J. C. C. Abrantes, and J. R. Frade, "Applied Clay Science Extrusion of ceramic emulsions : Plastic behavior," *Appl. Clay Sci.*, vol. 101, pp. 315–319, 2014.
- [10] C. Kaya and S. Blackburn, "Extrusion of alumina ceramic tubes with controlled bends," vol. 40, no. 2005, pp. 2007–2011, 2011.
- [11] P. S. Behera and S. Bhattacharyya, "Effect of processing route for preparation of mullite from kaolinite and alumina," in *2nd International Conference on Condensed Matter and Applied Physics*, 2018, vol. 090047, pp. 090047 1–5.
- [12] K. YILMAZ, "RHEOLOGICAL CHARACTERIZATION AND EXTRUSION OF ALUMINA

BASED PASTES FOR THE  
PREPARATION OF TUBULAR  
CERAMIC MEMBRANE  
SUPPORTS A Thesis  
Submitted to," İzmir Institute of  
Technology, 2016.

- [13] L. Fernandes and S. Rafael,  
"Preparation and  
Characterization of Mullite-  
Alumina Structures Formed " In  
Situ " from Calcined Alumina  
and Different Grades of  
Synthetic Amorphous Silica,"  
*Mater. Res.*, vol. 21, no. 3, pp.  
39–44, 2018.