

Efek Penambahan Aditif SiO₂ terhadap Suhu Sintering, Sifat Fisis, Struktur Kristal dan Mikrostruktur pada Keramik Al₂O₃

Khairun Nisa Gulo¹, Sudiati¹, dan Mulyadi^{2,*}

¹Departemen Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara

²Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Banten

E-mail: *dosen01545@unpam.ac.id

Masuk : 10 Februari 2020

Direvisi : 3 Maret 2020

Disetujui : 10 Maret 2020

Abstrak: Pada penelitian ini dilakukan penambahan aditif SiO₂ pada keramik Al₂O₃ untuk menghasilkan keramik dengan hasil yang optimal. Melalui penambahan aditif SiO₂ dilakukan pengamatan terhadap Suhu Sintering, Sifat Fisis, Struktur Kristal dan Mikrostruktur dari keramik Al₂O₃. Penambahan SiO₂ diberikan sebanyak 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, dan 30 (%massa). Lalu ditambahkan air dan dilakukan proses milling selama 5 jam. Setelah proses milling dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven dengan suhu 80 °C. Lalu dilakukan pencetakan yang diberikan gaya 12 ton, selama 60 detik dengan suhu 30 °C. lalu dilakukan sintering pada suhu 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, dan 1200 °C. Dari aditif yang digunakan dengan komposisi 5% SiO₂ yang memberikan densitas paling tinggi pada suhu 1200°C yaitu 3,12 g/cm³. Dari aditif yang digunakan dengan komposisi 30% SiO₂ yang memberikan porositas paling rendah pada suhu 1200°C yaitu 31,08%. Hasil Pengujian XRD dengan Penambahan Aditif 5% SiO₂ pada Temperatur Sintering T= 1100°C memiliki 3 fasa *quartz*, *tridimit* dan *corundum* dan penambahan aditif 30% SiO₂ pada Temperatur Sintering T= 1100°C memiliki 3 fasa *quartz*, *crystalite* dan *Aluminium Oxide*.

Kata kunci: SiO₂, Suhu Sintering, Sifat Fisis, Struktur Kristal dan Mikrostruktur, Al₂O₃

Abstract: In this study, the addition of SiO₂ additives to Al₂O₃ ceramics to produce ceramics with optimal results. Through the addition of SiO₂ additives, observations were made on the Sintering Temperature, Physical Properties, Crystal Structure and Microstructure of Al₂O₃ ceramics. The addition of SiO₂ was given as much as 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, and 30 (% mass). Then add water and do the milling process for 5 hours. After the milling process, it is dried using an oven with a temperature of 80 °C. Then the printing is applied with a force of 12 tons, for 60 seconds with a temperature of 30 °C. then sintered at temperatures of 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, and 1200 °C. From the additive used with a composition of 5% SiO₂ which gives the highest density at a temperature of 1200°C, namely 3.12 g / cm³. Of the additives used with a composition of 30% SiO₂ which gives the lowest porosity at a temperature of 1200°C, namely 31.08%. XRD test results with the addition of 5% SiO₂ additive at sintering temperature T = 1100°C has 3 phases of *quartz*, *tridimite* and *corundum* and the addition of additive 30% SiO₂ at Sintering Temperature T = 1100°C has 3 phases of *quartz*, *crystalite* and *aluminum oxide*.

Keywords: SiO₂, Sintering Temperature, Physical Properties, Crystal Structure and Microstructure, Al₂O₃

PENDAHULUAN

Pembuatan keramik pada zaman dahulu hanya bisa dilakukan dengan cara membakar satu bahan saja, yaitu dengan lempung. Seni dan industri keramik telah berlangsung dari ribuan tahun yang lalu, proses pembuatan keramik pada zaman dahulu dengan cara dibakar menggunakan bahan dan peralatan yang sederhana. Bahan yang digunakan seperti feldspar, tanah liat atau lempung, hal ini disebabkan oleh kurangnya pengetahuan tentang keramik. Seiring berkembangnya zaman dan perkembangan ilmu bahan, proses pembuatan keramik dari tahun ke tahun mengalami perkembangan. Kualitas bahan keramik juga dikembangkan dengan bahan fluks

feldspar dan kuarsa sebagai pengisi, sehingga produk-produk yang dihasilkan dapat diaplikasikan dalam berbagai kebutuhan [1].

Alumina merupakan salah satu material yang sangat berguna dalam industri keramik. Beberapa aplikasi alumina adalah sebagai bahan substrat elektronik, isolator temperatur tinggi, mesin dan sebagainya [2]. Penelitian menggunakan bahan aditif seperti MgO dan SiO₂ yang ditambahkan untuk menahan laju pertumbuhan butiran yang tidak normal karena keramik alumina yang dikenal mempunyai pertumbuhan butiran yang tidak normal pada suhu tinggi, pertumbuhan ini akan menimbulkan butiran mikrostruktur yang tidak seragam dan menurunkan kualitas dari keramik alumina tersebut. Dan sampel pada penelitian tersebut disintering dengan variasi suhu sintering 1500°C, 1550°C dan 1600°C. Untuk menghasilkan sifat alumina yang diinginkan, beberapa cara dilakukan seperti contohnya penambahan aditif dan modifikasi mikrostruktur [3].

Menurut penelitian yang telah dilakukan melalui pembuatan keramik sistem biner: Al₂O₃ – B₂O₃ dengan bahan baku γ - Al₂O₃ dan B₂O₃. Proses pembuatan benda uji dilakukan dengan cara menggiling bahan baku tersebut di dalam *ball mill* selama 10 jam dan disinter dengan suhu 1100°C, 1200°C, 1300°C, dan 1400°C. Hasil pengukuran sifat fisis, dimana besar nilai densitasnya berkisar 1,85-1,95 g/cm³ dan porositas berkisar 55,9-59,4%. Ternyata hubungan antara suhu sintering terhadap densitas berbanding lurus dan berbanding terbalik dengan porositas [4].

Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat diperoleh data-data maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Sehingga peneliti melakukan penelitian yang berjudul “Efek Penambahan Aditif SiO₂ terhadap Suhu Sintering, Sifat Fisis, Struktur Kristal dan Mikrostruktur pada Keramik Al₂O₃”. Penelitian ini akan membahas persentase penambahan aditif SiO₂ untuk mengontrol mikrostruktur dan meningkatkan kerapatan keramik alumina dan memvariasikan suhu sintering untuk mencari hasil yang paling optimum. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian densitas, pengujian porositas, dan analisis struktur kristal.

METODOLOGI

Proses pembuatan dimulai dengan penimbangan komposisi material Al₂O₃ dan SiO₂. Penambahan SiO₂ diberikan sebanyak 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, dan 30 (% massa). Lalu ditambahkan air dan dilakukan proses milling selama 5 jam. Setelah proses milling dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven dengan suhu 80 °C. Lalu dilakukan pencetakan yang diberikan gaya 12 ton, selama 60 detik dengan suhu 30 °C. lalu dilakukan sintering pada suhu 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, dan 1200 °C. Kemudian dilakukan karekterisasi densitas, porositas, dan XRD.

HASIL DAN DISKUSI

Densitas

Pengukuran densitas untuk pengaruh penambahan bahan aditif pada pembuatan keramik alumina terhadap sintering yang dilakukan dengan menggunakan metode Archimedes. Hasil pengukuran densitas diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Data Hasil Uji Densitas Keramik Alumina dengan Variasi Komposisi Bahan Aditif terhadap Temperatur Sintering.

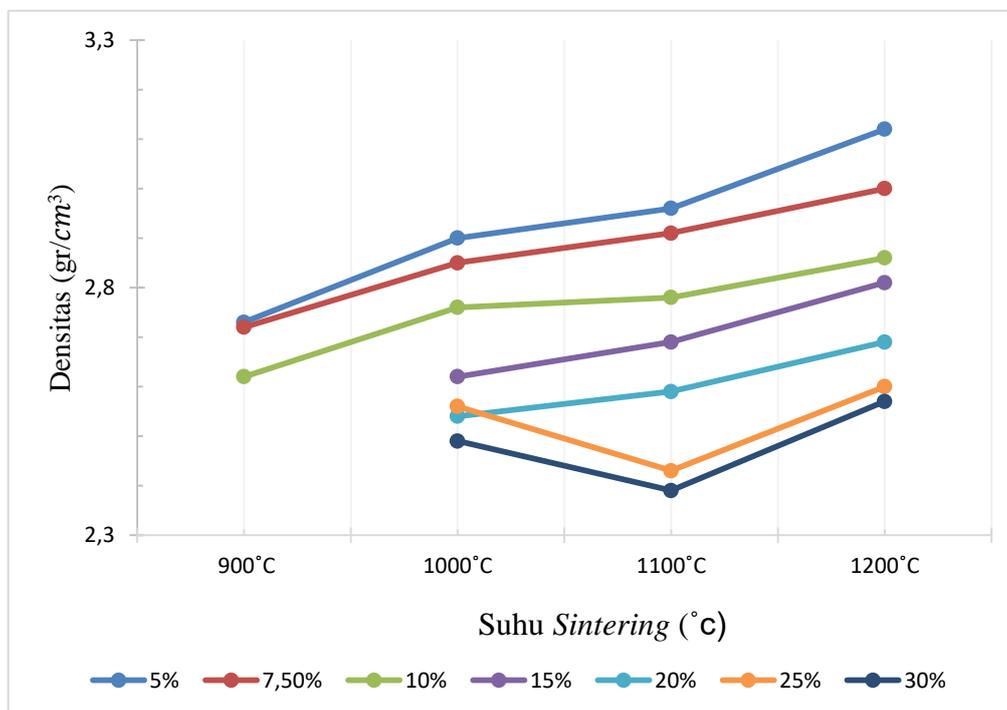
Temperatur Sintering (°C)	Komposisi	Densitas (ρ) g/cm ³
900 °C	5% SiO ₂	2,73
1000 °C		2,90
1100 °C		2,96
1200 °C		3,12
900 °C	7,5% SiO ₂	2,72
1000 °C		2,85
1100 °C		2,91
1200 °C		3
900 °C	10% SiO ₂	2,62
1000 °C		2,76
1100 °C		2,78
1200 °C		2,86

Temperatur Sintering (°C)	Komposisi	Densitas (ρ) g/cm ³
1000 °C	15% SiO ₂	2,62
1100 °C		2,69
1200 °C		2,81
1000 °C	20% SiO ₂	2,54
1100 °C		2,59
1200 °C		2,69
1000 °C	25% SiO ₂	2,56
1100 °C		2,43
1200 °C		2,60
1000 °C	30% SiO ₂	2,49
1100 °C		2,39
1200 °C		2,57

Dari Tabel 1 diperoleh hasil pengukuran densitas menunjukkan nilai densitas yang mengalami naik dan turun, umumnya keramik berpori mempunyai densitas yang sangat bervariasi dan sangat tergantung pada komposisi, ukuran butiran, metode preparasi dan lainnya. Dimana hasil pengukuran densitas menunjukkan variasi komposisi bahan Aditif SiO₂ sebanyak 5%, 7,2%, 10%, 15% dan 20% serta menggunakan variasi suhu *sintering* sebesar 900°C, 1000°C, 1100°C, dan 1200°C, menunjukkan nilai densitas berbanding lurus dengan suhu *sintering*, karena selama *sintering* berlangsung terjadi proses difusi dan pepadatan. Peningkatan nilai densitas keramik. Hal ini dikarenakan terjadinya pepadatan diantara partikel-partikelnya, sehingga ikatan bahan sampel tersebut semakin kuat [5].

Sedangkan penyebab naik dan turunnya hasil pengukuran densitas yang terjadi pada variasi komposisi bahan aditif SiO₂ sebanyak 25% dan 30% menggunakan variasi suhu *sintering* sebesar 1000°C, 1100°C dan 1200°C penyebab hal ini diduga karena adanya udara yang terjebak didalam material keramik berpori. Ketika proses *sintering* berlangsung, bahan aditif akan mengalami pemuaihan yang lebih banyak dibandingkan bahan keramik atau Alumina. Ketika dilakukan pendinginan, bahan aditif masih mengalami pemuaihan yang tinggi pada saat bahan keramik sudah stabil. Efeknya adalah terdapat adanya udara yang terjebak didalam material keramik sehingga dapat menurunkan nilai dari densitas.

Perbandingan densitas untuk pengaruh penambahan bahan aditif pada pembuatan keramik alumina terhadap temperatur *sintering* dapat dibuat grafik hubungan antara nilai pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Densitas sampel campuran Al₂O₃ dan SiO₂.

Dari aditif yang digunakan dengan komposisi 5% SiO₂ yang memberikan densitas paling tinggi pada suhu 1200°C yaitu 3,12 g/cm³ yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Porositas

Nilai porositas diukur dan dihitung dengan menggunakan prinsip Archimedes, dan sebelum melakukan pengukuran sampel harus di rendam selama satu malam didalam wadah yang berisikan air. Hasil pengukuran porositas dapat diperlihatkan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2 Data Hasil Uji Porositas Keramik Alumina dengan Variasi Komposisi Bahan Aditif terhadap Temperatur Sintering.

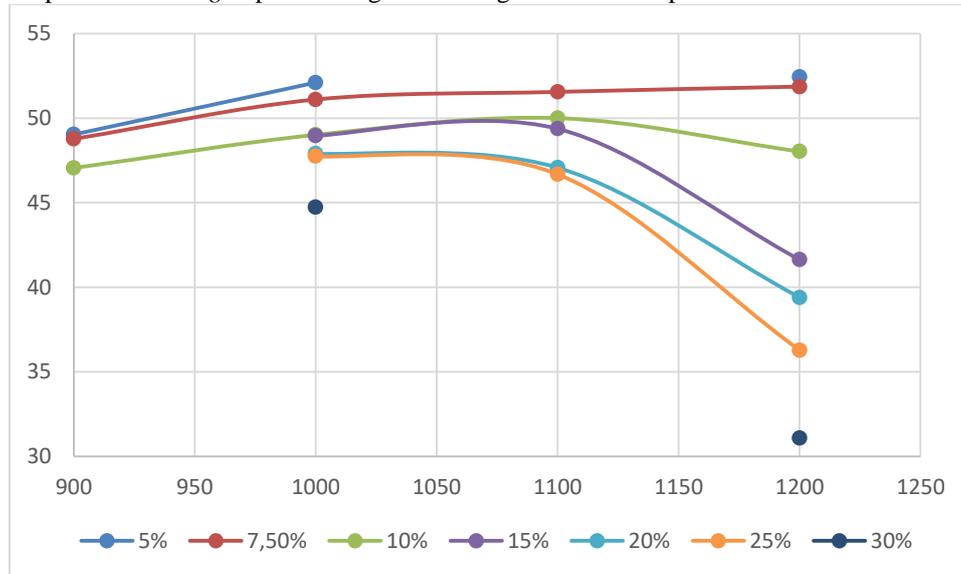
Temperatur <i>Sintering</i> (°C)	Komposisi	Porositas (ϕ) %
900 °C	5% SiO ₂	49,03
1000 °C		52,10
1100 °C		-
1200 °C		52,43
900 °C	7,5% SiO ₂	48,77
1000 °C		51,10
1100 °C		51,55
1200 °C		51,86
900 °C	10% SiO ₂	47,05
1000 °C		49,01
1100 °C		50
1200 °C		48,03
1000 °C	15% SiO ₂	48,96
1100 °C		49,37
1200 °C		41,63
1000 °C	20% SiO ₂	47,90
1100 °C		47,07
1200 °C		39,40
1000 °C	25% SiO ₂	47,75
1100 °C		46,68
1200 °C		36,28
1000 °C	30% SiO ₂	44,73
1100 °C		-
1200 °C		31,08

Dari Tabel 2 Adapun hasil dari pengujian yang dilakukan bahwasanya dengan bertambahnya suhu *sintering* maka nilai porositas yang terdapat pada sampel semakin menurun, dengan menurunnya nilai porositas pada sampel tersebut akan semakin padat. Hal tersebut diperlihatkan pada komposisi bahan aditif 20% SiO₂ serta variasi suhu *sintering* 1000°C, 1100°C dan 1200°C diperoleh porositas masing-masing variasi, yaitu 47,90%, 47,07% dan 39,40%. Pada komposisi bahan aditif 25%SiO₂ serta variasi suhu *sintering* 1000°C, 1100°C, dan 1200°C diperoleh porositas masing-masing variasi, yaitu 47,75%, 46,68%, dan 36,28%.

Sedangkan nilai porositas yang mengalami naik turun. Pada saat nilai porositas mengalami penurunan hal ini dikarenakan pori-pori pada keramik alumina terisi oleh butiran-butiran bahan aditif yang disebabkan butiran

bahan aditif tersebut relatif lebih kecil dari alumina. Pada saat nilai porositas mengalami kenaikan hal ini disebabkan karena sebagian material penyusun keramik tersebut berubah ke fase gas, sehingga membentuk ruang kosong antara partikelnya. Semakin banyak ruang kosongnya maka nilai porositasnya semakin tinggi. Besar kecilnya nilai porositas juga dipengaruhi pada proses pencetakan.

Perbandingan porositas untuk pengaruh penambahan bahan aditif pada pembuatan keramik alumina terhadap temperatur *sintering* dapat dibuat grafik hubungan antara nilai pada Gambar 3.



Gambar 2. Hasil Porositas sampel campuran Al_2O_3 dan SiO_2 .

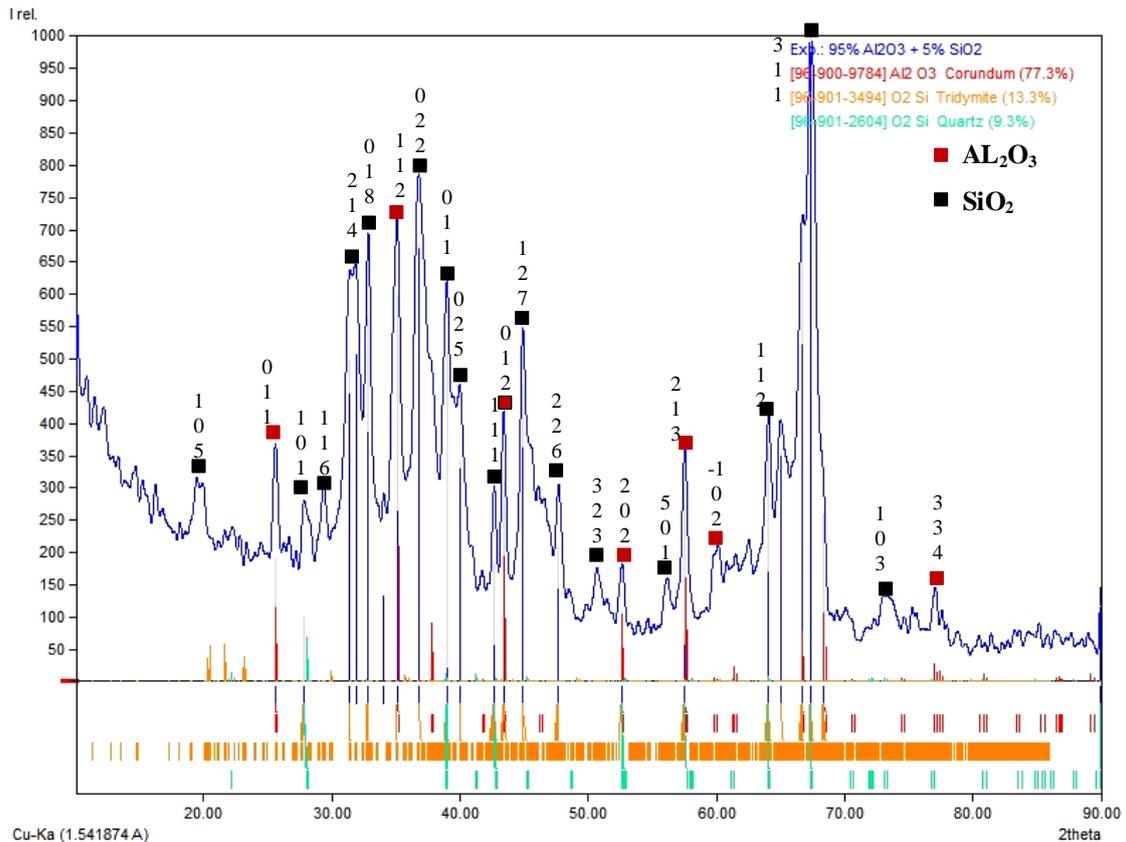
Dari aditif yang digunakan dengan komposisi 30% SiO_2 yang memberikan porositas paling rendah pada suhu 1200°C yaitu 31,08% yang ditunjukkan pada Gambar 2.

XRD

Analisa *X-ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dan fasa yang terkandung dalam sampel keramik Al_2O_3 dengan penambahan aditif SiO_2 . Untuk mengetahui struktur kristal, ukuran kristal dan fasa bahan dapat menggunakan aplikasi Match yang memunculkan puncak-puncak spesifik beserta index millernya. Berikut hasil uji difraksi sinar-X (XRD) pada beberapa sampel pada Penambahan Aditif 5% SiO_2 pada Temperatur *Sintering* $T=1100^\circ\text{C}$.

Analisis XRD yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa hasil pada pola XRD dengan penambahan aditif 5% SiO_2 pada pembuatan keramik alumina dengan temperatur 1100°C diperoleh 23 *peak*/puncak tertinggi dan *peak* yang tertinggi dari diantara puncak-puncak yang ada pada gambar diatas adalah pada *peak*/puncak 21 yang memiliki hkl (1 1 3) pada sudut 67.23° dengan ukuran kristal 60 yang mempunyai fasa *quartz*. Terdapat 5 *peak* lainnya memiliki fasa yang serupa pada sampel ini. Fasa *Quartz* ini memiliki jenis kristal trigonal dengan parameter kisi $a=4.62500 \text{ \AA}$, $c=5.21600 \text{ \AA}$. Dan 10 *peak* lainnya terdeteksi sebagai fasa tridimit dengan 2θ pada sudut 19.93° , 29.26° , 31.41° , 32.80° , 36.73° , 39.82° , 45.04° , 47.52° , 50.67° dan 56.15° dengan ukuran kristal masing-masing 106 nm, 217 nm, 61 nm, 258 nm, 62 nm, 108 nm, 43 nm, 233 nm, 378 nm dan 208 nm. Fasa ini memiliki jenis kristal *orthorhombic* dengan parameter kisi $a=26.16300 \text{ \AA}$, $b=4.98700 \text{ \AA}$ dan $c=8.19900 \text{ \AA}$. Sedangkan 7 *peak* lainnya memiliki fasa *corundum* dengan 2θ pada sudut 25.51° , 35.01° , 43.256° , 52.62° , 57.53° , 59.87° , 76.86° dengan ukuran kristal masing-masing 234 nm, 135 nm, 289 nm, 681 nm, 241 nm, 106 nm dan 730 nm. Fasa ini memiliki jenis kristal trigonal dengan parameter $a=5.12000 \text{ \AA}$, $\beta=55.280^\circ$.

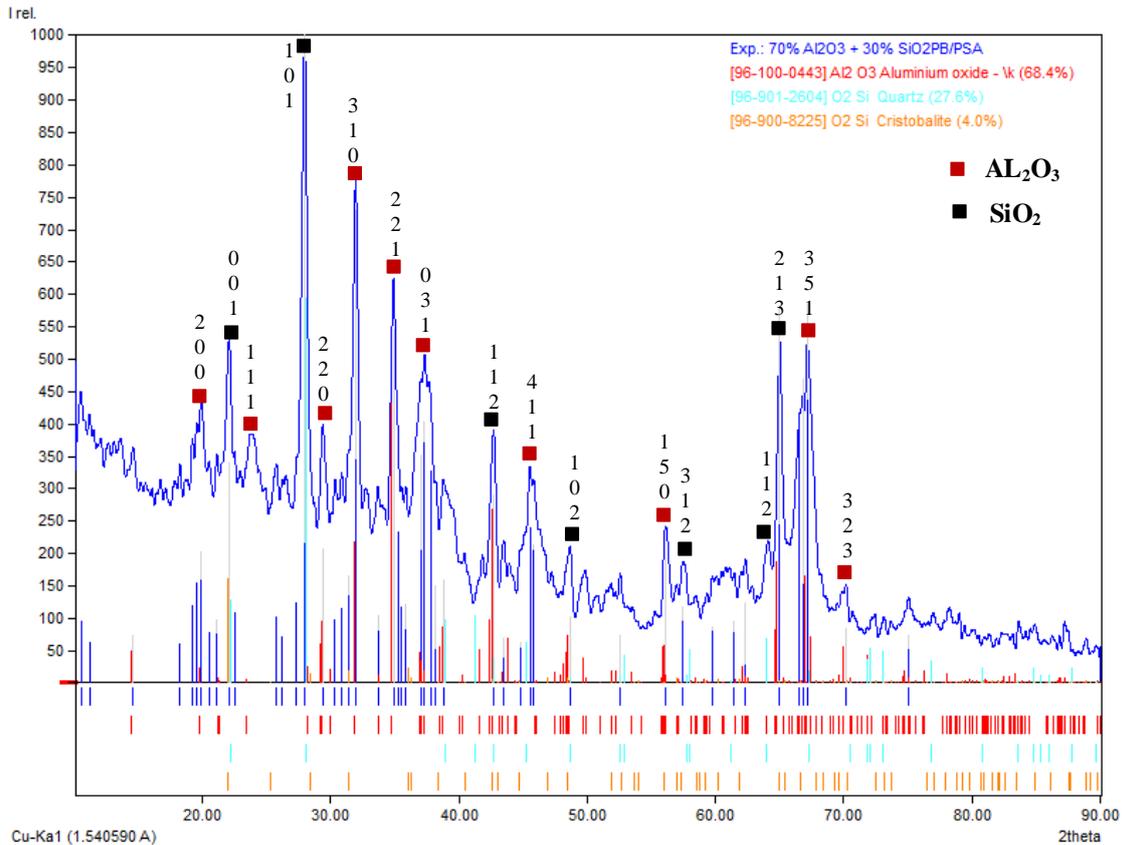
Dari hasil analisa XRD diatas melalui *peak* pada grafik telah menunjukkan bahwa keramik alumina terdiri dari 3 fasa yaitu *quartz*, tridimit dan *corundum*. Yang tidak menunjukkan adanya fasa lain didalam sampel. Meskipun didalam penelitian tidak ada bahan lain yang didoping pada keramik alumina, namun fasa lain yang muncul dapat diakibatkan oleh kesalahan teknis dalam penelitian yang menyebabkan kemungkinan bahan lain tercampur melalui alat yang digunakan.



Gambar 3. Hasil Pengujian XRD dengan Penambahan Aditif 5% SiO₂ pada Temperatur Sintering T= 1100°C.

Analisis XRD yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa hasil pada pola XRD dengan penambahan aditif 30% SiO₂ pada pembuatan keramik Al₂O₃ dengan temperatur 1100 °C diperoleh 17 *peak*/puncak tertinggi dan *peak* yang tertinggi dari diantara puncak-puncak yang ada pada gambar diatas adalah pada *peak*/puncak 4 yang memiliki hkl (1 0 1) pada sudut 27.85° dengan ukuran kristal 174 yang mempunyai fasa *quartz*. Terdapat 3 *peak* lainnya memiliki fasa yang serupa pada sampel ini. Fasa *quartz* ini memiliki jenis kristal trigonal dengan parameter kisi a= 4.62500 Å, c= 5.21600 Å. Dan 3 *peak* lainnya terdeteksi sebagai fasa *crystalite* dengan 2θ pada sudut 42,63°, 57,34° dan 64,93° dengan ukuran kristal masing-masing 202 nm, 292 nm, dan 246 nm. Fasa ini memiliki jenis kristal tetragonal dengan parameter kisi a= 4.97900 Å, dan c= 6.95000 Å. Sedangkan 10 *peak* lainnya memiliki fasa *aluminium oxide* dengan 2θ pada sudut 19.83°, 23.76°, 29.34°, 31.85°, 34.75°, 37.41°, 45.74°, 56,11°, 67,07° dan 70.03° dengan ukuran kristal masing-masing 105 nm, 105 nm, 384 nm, 341 nm, 189 nm, 46 nm, 79 nm, 261 nm, 67 nm dan 173 nm. Fasa ini memiliki jenis kristal *orthorhombic* dengan parameter a= 4.84370 Å, b= 8.33000 Å dan c= 8.95470 Å.

Dari hasil analisa XRD diatas melalui *peak* pada grafik telah menunjukkan bahwa keramik Alumina terdiri dari 3 fasa yaitu *quartz*, *crystalite* dan *Aluminium Oxide*. Yang tidak menunjukkan adanya fasa lain didalam sampel. Meskipun didalam penelitian tidak ada bahan lain yang didoping pada keramik alumina, namun fasa lain yang muncul dapat diakibatkan oleh kesalahan teknis dalam penelitian yang menyebabkan kemungkinan bahan lain tercampur melalui alat yang digunakan.



Gambar 4. Hasil Pengujian XRD dengan Penambahan Aditif 30% SiO₂ pada Temperatur Sintering T= 1100°C.

KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan dengan penambahan aditif SiO₂ pada keramik Al₂O₃. Penambahan SiO₂ diberikan sebanyak 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, dan 30 (%massa). Selain itu dilakukan sintering pada suhu 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, dan 1200 °C. Dari aditif yang digunakan dengan komposisi 5% SiO₂ yang memberikan densitas paling tinggi pada suhu 1200°C yaitu 3,12 g/cm³. Dari aditif yang digunakan dengan komposisi 30% SiO₂ yang memberikan porositas paling rendah pada suhu 1200°C yaitu 31,08%. Hasil Pengujian XRD dengan Penambahan Aditif 5% SiO₂ pada Temperatur Sintering T= 1100°C memiliki 3 fasa *quartz*, *tridimit* dan *corundum* dan penambahan aditif 30% SiO₂ pada Temperatur Sintering T= 1100°C memiliki 3 fasa *quartz*, *cristobalite* dan *Aluminium Oxide*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erico, Novandra. 2019. Pengaruh Penambahan SiC untuk Peningkatan Kekerasan Material Aluminium. Bandar Lampung: Departemen Teknik Mesin Universitas Lampung.
- [2] Mawardani, Putri. 2014. Pengaruh Kemurnian Bahan Baku Alumina terhadap Temperatur Sintering dan Karakterisasi Keramik Alumina. Jakarta : Universitas Islam Negara.
- [3] Jarot Raharjo, Sri Rahayu, Tika Mustika, Masmui, dan Dwi Budiyanto, 2015, Advanced Materials Research, Vol. 1112, pp. 519-523.
- [4] Sakti, Khairul. 2009. Pembuatan Komposit Metal Al Alloy Nano Keramik SiC dan Karakterisasinya. Medan: Departemen Fisika.
- [5] Bragmann, C.P and Goncalves, Soo-Jin Park and Min-Kang Seo. 2011. Interface Science and Technology. Amsterdam : Elsevier Academic Press