

## PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KERAMIK MAGNESIUM ALUMINA SILIKA DARI ABU VULKANIK GUNUNG SINABUNG

Tri Exaudi Sidabutar

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email: triexaudi3094@gmail.com

**Abstrak** - Berlimpahnya material abu vulkanik Gunung Sinabung merupakan suatu hal yang menarik untuk diteliti lebih lanjut, khususnya tentang kelayakan penggunaan abu vulkanik tersebut sebagai bahan dasar untuk membuat material keramik magnesium alumina silika. Sebagian besar abu vulkanik tersebut belum dimanfaatkan sama sekali. Material keramik dibuat dari bahan dasar yang tersusun atas abu vulkanik, alumina silika ( $Al_2O_3$ ) dan Magnesium Oksida ( $MgO$ ). Keberadaan abu vulkanik hasil dari letusan Gunung Sinabung merupakan hal yang cukup potensial sebagai pembuatan bahan keramik. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat keramik yang keras dan kuat dari abu vulkanik Gunung Sinabung dan untuk mengetahui pengaruh penambahan  $Al_2O_3$  dan  $MgO$  pada pada sampel material keramik. Sekaligus untuk mengetahui proses pembakaran (sintering) yang optimal terhadap karakterisasi dari sampel keramik yang meliputi sifat fisik, kekerasan dan struktur Kristal dari material. Adapun hasil dari penelitian yang telah dilakukan untuk memenuhi tujuan tersebut adalah nilai densitas tertinggi dengan komposisi abu (80%),  $Al_2O_3$  (10%) dan  $MgO$  (10%) adalah  $2.06 \text{ gr/cm}^2$  dengan suhu pembakaran  $1200^\circ\text{C}$ , morfologi yang baik pada komposisi yang sama dengan suhu pembakaran  $1200^\circ\text{C}$ , fasa yang dominan terbentuk adalah Silika oksida ( $SiO_2$ ), dan fasa lainnya  $MgSiO_3$ ,  $Al_2MgO_4$  dan hasil kekerasan yang diperoleh sebesar  $768.21 \text{ kgf/mm}^2$ .

**Kata kunci:** Abu Vulkanik, Alumina, Magnesium, Keramik

### 1. PENDAHULUAN

Gunung Sinabung merupakan salah satu Gunung di dataran tinggi Kabupaten Karo Sumatera Utara, Indonesia. Koordinat puncak Gunung Sinabung adalah  $03^\circ 10' \text{ LU}$  dan  $98^\circ 23' \text{ BT}$  dengan puncak tertinggi gunung sinabung ini adalah 2.460 meter dari permukaan laut yang menjadi puncak tertinggi di Sumatera Utara. Gunung ini belum pernah tercatat meletus sejak tahun 1600.

Pada tahun 2010 hingga 2014 kabupaten Tanah Karo dilanda bencana meletusnya Gunung Sinabung yang mengakibatkan kerusakan sektor pertanian, permukiman warga, bahkan letusan gunung merapi yang berada didaerah laukawar ini telah memakan korban jiwa, ini telah menjadi berita Nasional di Negara kita dan Indonesia berkabung atas peristiwa tersebut. Dalam kurun waktu tersebut daerah disekitar gunung sinabung dipenuhi oleh abu yang cukup tebal. Pernah tercatat letusan gunung sinabung mengeluarkan abu yang mencapai ketinggian 6000 m. Akibatnya abu mencapai daerah dalam jarak yang cukup luas. Berawal dari latar belakang ini saya mencoba untuk mengambil hikmah dari bencana tersebut dengan cara memanfaatkan material yang dimuntahkan oleh gunung sinabung yaitu untuk membuat material refraktori. Dimana seperti yang kita ketahui penelitian lain mengenai material refraktori pada umumnya menggunakan pasir silika, abu batu bara, limbah pasir cetak sebagai bahan dasarnya.

Penelitian-penelitian tentang bahan material refraktori berbasis abu terbang (*fly ash*) banyak yang telah dipublikasikan. Sedangkan publikasi tentang refraktori berbahan dasar lain masih relatif

sedikit. Hal tersebut yang mendasari penelitian ini tentang kelayakan abu vulkanik sebagai bahan dalam pembuatan material refraktori yang akan dilakukan, dimana abu vulkanik yang akan digunakan berasal dari letusan gunung berapi yaitu Gunung Sinabung yang berada di Dataran Tinggi Tanah Karo, Kabupaten Karo, Sumatera Utara, Indonesia. Dengan kata lain refraktori merupakan material yang dapat mempertahankan sifat-sifatnya dalam kondisi yang sangat berat karena temperatur tinggi dan kontak dengan bahan-bahan yang korosif. Berdasarkan komposisi kimia penyusun nya, material refraktori dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu refraktori asam seperti silika, refraktori netral seperti alumina dan refraktori basa seperti magnesit, serta refraktori khusus seperti karbon, silikon karbida, dan lainnya. Masing-masing jenis refraktori mempunyai keunggulan yang bisa di aplikasikan dalam industri pengecoran logam. Dengan pertimbangan pertimbangan di atas, maka abu vulkanik telah memenuhi syarat untuk dijadikan bahan dasar refraktori.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Abu Vulkanik

Abu vulkanik merupakan bahan material vulkanik jatuhan yang disebarkan ke udara pada saat terjadi letusan. Secara umum komposisi abu vulkanik terdiri atas Silika. Bahan letusan gunung api yang berupa padatan dapat disebut sebagai bahan piroklastik (*pyro*= api, *klastik* = bongkahan). Bahan padatan ini berdasarkan diameter partikelnya terbagi atas debu vulkanik ( $< 0.26 \text{ mm}$ )

yang berupa bahan lepas dan halus, pasir (0.25 – 4 mm) yang lepas dan tumpul, lapilli atau *little stone* (4 – 32 cm) yang berbentuk bulat hingga persegi dan bom (> 32 mm) yang bertekstur kasar. Batuan hasil erupsi gunung api berdasarkan kadar silika dapat dikelompokkan menjadi batu vulkanis masam (kadar  $\text{SiO}_2 > 65\%$ ), sedang (35 – 65%) dan basa /alkali (<35%). Abu vulkanik mengandung mineral yang dibutuhkan oleh tanah dan tanaman dengan komposisi total unsur tertinggi yaitu Ca, Na, K dan Mg, unsur makro lain berupa P dan S, sedangkan unsur mikro terdiri dari Fe, Mn, Zn, Cu. Mineral tersebut berpotensi sebagai penambah cadangan mineral tanah, memperkaya susunan kimia dan memperbaiki sifat fisik tanah sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki tanah-tanah miskin hara atau tanah yang sudah mengalami pelapukan lanjut (Fiantis, 2006).

Menurut Balitbangtan (2014), hasil analisis abu vulkanik Sinabung mengandung unsur Si berkisar antara 0,05-0,32 %, Fe berkisar antara 0,58-3,1 %, Pb berkisar antara 1,5-5,3 %, sedangkan untuk kandungan logam berat seperti Cd, As, Ag dan Ni tidak terdeteksi ataupun sangat rendah sehingga tidak membahayakan. Unsur S (belerang) tinggi pada abu segar, tetapi saat terjadi pencucian (terkena air hujan) nilai S akan berkurang. Sedangkan hasil pengujian lapangan yang dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat didalam abu vulkanik yang di ambil dari Desa Berastepu dan berjarak 3 Kilometer dari kaki Gunung Sinabung dengan taraf kedalaman pengambilan yaitu 0-8 cm dan analisis abu vulkanik Gunung Sinabung tersebut dilakukan di Pusat penelitian Fisika (LIPI) Serpong Tangerang Selatan, maka abu vulkanik tersebut di uji dengan menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF). Adapun kandungan unsur yang terdapat didalam abu vulkanik tersebut, yaitu:

Tabel 1 Komposisi Abu Gunung Sinabung

Hasil Pengukuran Sampel Abu Vulkanik		
Unsur	Besar Komposisi	Besar Persentase
Si	64.7	± 0.6%
Fe	17.28	± 0.23%
Al	15.6	± 0.8%
Ti	1.58	± 0.08%
Mn	0.43	± 0.05%
Sb	0.12	± 0.21%
Sn	0.07	± 0.11%
Zr	0.06	± 0.06%
Zn	0.05	± 0.00%
Ni	0.02	± 0.01%
Cu	0.01	± 0.00%
Ga	0.01	± 0.00%

## 2.2 Silika

Silika dengan nama mineral silika ( $\text{SiO}_2$ ) dapat diperoleh dari silika mineral, silika nabati dan silika sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ). Silika mineral biasanya diperoleh melalui proses penambangan yang dimulai dari penambang kemudian dilakukan proses pencucian untuk membuang pengotor yang kemudian dipisahkan dan dikeringkan kembali sehingga diperoleh kadar silika yang lebih besar bergantung dengan keadaan tempat penambangan. Saat ini mineral-mineral tersebut susah didapatkan maka diperlukan alternatif lain dalam pencarian silika seperti silika sintesis dan silika nabati. Silika sintesis kristal didapatkan menggunakan bahan Fumed silika, TEOS dan TMOS (Naskar dan Charterjee, 2004) dapat menggunakan metode pelelehan (*melting*). Proses dari pelelehan dimulai dengan pendinginan (*cooling*) dan kekristalisasi yang bersesuaian dengan mineral tersebut. Pelelehan tergantung pada pereduksian suhu leleh, perubahan dalam medium (Pitak, 1997) dan membutuhkan suhu yang sangat tinggi.

## 2.3 Magnesium

Magnesium adalah unsur kedelapan yang paling berlimpah dan merupakan sekitar 2% dari berat kerak bumi dan merupakan unsur yang paling banyak ketiga terlarut dalam air laut. Magnesium sangat melimpah di alam dan ditemukan dalam bentuk mineral penting didalam bebatuan, seperti dolomit, magnetit, dan olivine. ini juga ditemukan dalam air laut, asin bawah tanah dan lapisan asin. Ini adalah logam structural ketiga yang paling melimpah dikerak bumi, hanya dilampaui oleh aluminium dan besi.

Amerika Serikat secara umum menjadi pemasok utama dunia logam ini. Amerika Serikat memasok 45% dari produksi dunia, bahkan pada tahun 1995 Dolomit dan magnesit ditambang sampai sebatas 10 juta ton per tahun, di negara-negara seperti Cina, Turki, Korea Utara, Slowakia, Austria, Rusia dan Yunani. Aplikasi senyawa Magnesium digunakan sebagai bahan tahan api dalam lapisan dapur api untuk menghasilkan logam (besi dan baja, logam nonferrous), kaca, dan semen.

Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Magnesium adalah elemen terbanyak kedelapan yang membentuk 2% berat kulit bumi, serta merupakan unsur terlarut ketiga terbanyak pada air laut. Logam alkali tanah ini terutama digunakan sebagai zat

campuran (alloy) untuk membuat campuran aluminium-magnesium yang sering disebut "magnalium" atau "magnelium". Magnesium merupakan salah satu jenis logam ringan dengan karakteristik sama dengan aluminium tetapi magnesium memiliki titik cair yang lebih rendah dari pada aluminium.

## 2.4 Alumina

Alumina ( $Al_2O_3$ ) merupakan material keramik nonsilikat yang paling penting. Material ini meleleh pada suhu 2051 °C dan mempertahankan kekuatannya bahkan pada suhu 1500 sampai 1700°C. Alumina mempunyai ketahanan listrik yang tinggi dan tahan terhadap kejutan termal dan korosi. Alumina ( $Al_2O_3$ ) diperoleh dari pengolahan biji bauksit yang mengandung 50-60%  $Al_2O_3$ ; 1-20%  $Fe_2O_3$ ; 1-10% silika; sedikit sekali titanium, zirkonium dan oksida logam transisi lain; dan sisanya (20-30%) adalah air.

Aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) atau yang lebih dikenal dengan alumina insulator (penghantar) panas dan listrik yang baik. Aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) berperan penting dalam ketahanan logam aluminium terhadap perkaratan dengan udara. Logam aluminium sebenarnya amat mudah bereaksi dengan oksigen di udara. Aluminium bereaksi dengan oksigen membentuk aluminium oksida yang terbentuk sebagai lapisan tipis yang dengan cepat menutupi permukaan aluminium. Lapisan ini melindungi logam aluminium dari oksidasi lebih lanjut.

## 2.5 Keramik

Keramik berasal dari bahasa Yunani "keramos" yang memiliki arti yang berbeda-beda. Definisi keramik itu sendiri ada tiga macam, yaitu:

- Bahan atau mineral yang terbuat dari tanah liat yang dibakar.
- Material anorganik yang tersusun atas unsur logam dan non logam yang berkaitan ionik atau kovalen.
- Semua material yang bersifat keras, rapuh, tahan panas, dan tahan korosi serta mengandung satu atau lebih unsur logam termasuk oksigen.

Keramik merupakan paduan logam yang terikat secara ionik dan kovalen. Berdasarkan fungsinya keramik dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

- Keramik tradisional, yaitu: keramik yang banyak digunakan untuk produk-produk yang sederhana, seperti: bahan-bahan abrasif refraktori (tahan panas), gelas, porselin dan bahan bangunan seperti beton, lantai dan lain-lain.
- Keramik modern, penggunaannya pada teknologi canggih atau alat-alat teknik.

Keramik modern memiliki sifat-sifat listrik, sifat mekanik, dan sifat termal yang baik, sehingga digunakan untuk teknologi canggih.

Keunggulan keramik dibanding logam sebagai bahan industri antara lain tidak korosif, ringan, keras, kuat, dan stabil pada suhu tinggi. Keramik pada awalnya diproduksi secara tradisional dari mineral alam, namun sekarang kegunaan keramik bermacam-macam fungsinya, dahulu hanya digunakan sebagai barang pecah belah, gerabah, namun sekarang telah menjadi industri yang cukup besar dengan aplikasi kegunaan seperti keramik porselin sebagai salah satu bahan isolator listrik, peralatan pabrik dan lain sebagainya

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas breaker, spatula, neraca digital, alat penggiling (*Ball mill*), alumina ball, saringan, oven (pengering), cetakan (*molding*), alat cetak tekan (*Hydraulic press*), tungku (*Furnance*), jangka sorong (*Vernier caliper*), (*Microscope Optical*), alat uji kekerasan (*Microhardness Tester*), Alat Uji XRD (*X-Ray Diffractometer*), dan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu vulkanik Gunung Sinabung, Magnesium Oksida ( $MgO$ ), Alumina ( $Al_2O_3$ ) dan air ( $H_2O$ ).

### 3.2 Pembuatan Sampel Keramik

Proses pembuatan sampel keramik yang dilakukan dalam penelitian ini yang pertama yaitu pada penentuan komposisi sampel uji yang akan dibentuk, dimana sesuai tujuan penelitian ini, komposisi sampel uji dibuat secara bervariasi, yaitu: Sampel 1, abu vulkanik 90%,  $Al_2O_3$  5% dan  $MgO$  5%, dan pada sampel 2, abu vulkanik 80%,  $Al_2O_3$  10% dan  $MgO$  10% setelah dilakukan penimbangan komposisi tersebut, tambahkan air pada setiap bahan sampel yang telah ditimbang sebanyak 25 ml, selanjutnya adalah penggilingan dengan menggunakan mesin penggiling (*ball mill*) dengan durasi (waktu) selama 4 jam yang bertujuan untuk membuat keseragaman pada bentuk ukuran partikelnya atau dengan kata lain membuat homogenisasi pada bahan sampel keramik tersebut, setelah proses penggilingan selesai maka langkah selanjutnya adalah pengeringan (*Oven*) yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air atau melepas molekul air yang terdapat pada bahan sampel keramik tersebut yaitu selama  $\pm 12$  jam dengan Temperature 100 °C, setelah proses pengeringan selesai dilakukan maka proses selanjutnya adalah pencetakan bahan sampel uji tersebut dimana

pada proses ini sampel akan dibentuk dengan berbentuk pellet dengan metode cetak tekan (*dry Pressing*) dengan tekanan 80 kg/cm<sup>2</sup>, dan setelah proses pencetakan pada sampel telah selesai dilakukan maka langkah selanjutnya adalah proses pembakaran (*sintering*), dimana sintering merupakan suatu proses pembakaran yang bertujuan untuk saling mengikat butiran-butiran dan menurunkan porositas yang dilakukan pada suhu tinggi dan untuk memperoleh benda menjadi keramik yang kompak dan kuat sesuai spesifikasi yang diinginkan, dan pada penelitian ini suhu pembakaran (*sintering*) juga dilakukan secara bervariasi yaitu dari suhu 600 °C, 800 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C, hal ini bertujuan untuk mengetahui suhu pembakaran yang optimum pada sampel uji keramik tersebut.

### 3.3 Pengujian Sampel (Karakterisasi)

#### a) X-Ray Diffraction (XRD)

Dalam penelitian ini, karakterisasi struktur kristal sampel uji dilakukan dengan metode difraksi sinar-X. Tujuan dilakukannya pengujian analisa struktur kristal adalah untuk mengetahui perubahan fasa struktur bahan dan mengetahui fasa-fasa apa saja yang terbentuk selama proses pembuatan sampel uji. XRD adalah suatu peralatan yang dapat memberikan data-data difraksi suatu bahan dan besar kuantitas intensitas difraksi pada sudut-sudut difraksi  $2\theta$ . Ada dua karakteristik utama dari difraksi yaitu geometri dan intensitas. Geometri dari difraksi secara sederhana dijelaskan oleh Bragg's Law. Misalkan ada dua pantulan sinar  $\alpha$  dan  $\beta$ . Secara matematis sinar  $\beta$  tertinggal dari sinar  $\alpha$  sejauh  $xy + yz$  yang sama dengan  $2d \sin\theta$  secara geometris. Agar dua sinar ini dalam fasa yang sama maka jarak ini harus berupa kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang sinar  $\lambda$ . Maka didapatkanlah Hukum Bragg:

$$n\lambda = 2 d_{hkl} \sin \theta \quad (1)$$

XRD adalah suatu peralatan yang dapat memberikan data-data difraksi suatu bahan dan besar kuantitas intensitas difraksi pada sudut-sudut difraksi  $2\theta$ .

#### b) Uji densitas (Massa Jenis)

Pada penelitian ini pengukuran densitas dilakukan dengan menggunakan metode langsung, pengukuran densitas diperlukan untuk mengetahui karakteristik dari bahan material keramik dan untuk mengetahui suatu besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda persatuan volume benda tersebut. Besaran massa jenis dapat membantu menerangkan mengapa benda yang berukuran

sama memiliki berat yang berbeda, dan dalam hubungannya dapat dituliskan sebagai berikut

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

#### c) Uji Kekerasan (*Hardness Vickers*)

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan bahan terhadap penetrasi pada suatu permukaan sampel uji. Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* dilakukan dengan menggunakan *Microhardness Tester*.

Prinsip dari uji kekerasan *Vickers* adalah besar beban dibagi dengan luas daerah indentasi atau dapat dirumuskan sebagai berikut;

$$Hv = 1.854 \times \frac{F}{d^2} \quad (3)$$

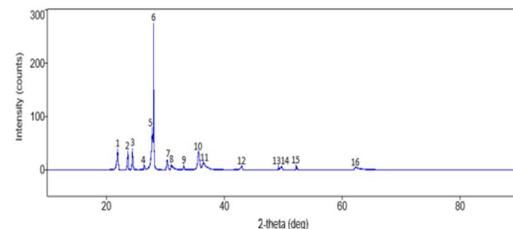
#### d) Struktur Morfologi (*Microscope Optical*)

Pada penelitian ini untuk pengamatan Struktur Morfologi dilakukan dengan menggunakan alat Mikroskop BS-6000AT digital, dimana alat ini memiliki kemampuan memperbesar benda dari 40x hingga 1400x dan juga pencahayaan dapat diatur dengan mudah. Dan tujuan dilakukan pengamatan struktur morfologi pada penelitian ini adalah untuk mengamati persebaran material pada material keramik.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil pengujian XRD (X-Ray diffraction)

Analisa XRD dilakukan untuk mengetahui perubahan fasa struktur bahan dan mengetahui fasa-fasa apa saja yang terbentuk dalam selama proses pembuatan sampel uji. Sampel yang digunakan dalam analisa ini adalah sampel 1 yang berkomposisi Abu sinabung 90%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5% dan MgO 5% di *sintering* pada suhu 1100°C.



Gambar 1 Hasil Pengujian XRD sampel 1 pada suhu 1100 °C

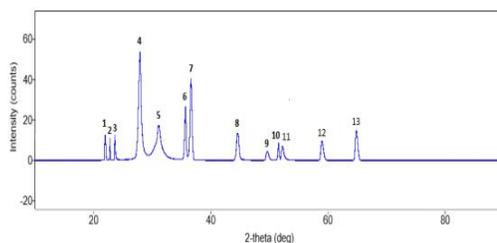
Dari Gambar 1 di atas dapat kita lihat terdapat 16 puncak tertinggi yang diperoleh dari sampel 1 tersebut, dan yang paling tertinggi diantara puncak-puncaknya terdapat pada puncak yang ke 6, hal ini menunjukkan bahwa struktur kristal yang paling murni yang terbentuk pada sampel uji 1 ini terdapat pada puncak yang ke 6 dan yang akan menjadi acuan kita untuk mencari fasa-fasa

apa saja yang terbentuk pada puncak-puncak tersebut dengan menggunakan software match. Hasil pencarian fasa-fasa yang terbentuk pada sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian XRD sampel 1 pada suhu 1100 °C

Peak No.	2-theta (deg)	D (ang)	Fasa
1	21.900	4.055	SiO <sub>2</sub>
2	23.66	3.757	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>
3	24.445	3.6384	SiO <sub>2</sub>
4	26.382	3.376	SiO <sub>2</sub>
5	27.766	3.2103	Mg SiO <sub>3</sub>
6	28.029	3.1809	SiO <sub>2</sub>
7	30.28	2.950	SiO <sub>2</sub>
8	30.98	2.884	MgSiO <sub>3</sub>
9	33.17	2.699	SiO <sub>2</sub>
10	35.57	2.5221	Mg SiO <sub>3</sub>
11	36.48	2.461	MgO
12	43.00	2.1016	MgO
13	49.222	1.8497	Mg SiO <sub>3</sub>
14	49.74	1.8317	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>
15	52.182	1.7515	MgOSiO <sub>3</sub>
16	62.2	1.491	MgO

Dari Tabel 2 di atas dapat kita lihat bahwa fasa yang dominan terbentuk dalam sampel 1 ini adalah SiO<sub>2</sub> sekaligus fasa yang struktur kristalnya murni terbentuk pada sampel ini dan untuk fasa yang minor atau fasa yang paling sedikit terbentuk pada sampel 1 ini adalah fasa Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>. Berikut ini akan disajikan hasil pengujian XRD pada sampel 2 dimana seperti yang sudah dijelaskan diatas pada sampel 2 ini ada perbedaan persentase komposisi yaitu menjadi, abu 80%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10% dan MgO 10% dan di *sintering* pada suhu 1200 °C.



Gambar 2 Hasil pengujian XRD sampel 2 pada suhu 1200 °C

Dari Gambar 2 diatas dapat kita lihat bahwa pada gambar tersebut terdapat 13 puncak yang tertinggi, dan puncak yang paling tinggi diantara ke 13 puncak tersebut terdapat pada puncak yang ke 4 dan struktur kristal yang paling murni terbentuk pada sampel ke 2 ini adalah terdapat pada puncak yang ke 4. Berikut ini hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan pada sampel yang ke 2.

Tabel 3. Hasil Pengujian XRD sampel 2 pada suhu 1200 °C

Peak No.	2-theta (deg)	D (ang)	Fasa
1	21.952	4.0519(3)	SiO <sub>2</sub>
2	22.839	3.891(3)	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>
3	23.58(3)	3.769(5)	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>
4	27.93(3)	3.191(3)	SiO <sub>2</sub>
5	31.08(3)	2.876(3)	Al <sub>2</sub> Mg <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub>
6	35.70(4)	2.513(3)	SiO <sub>2</sub>
7	36.58(3)	2.454(2)	SiO <sub>2</sub>
8	44.62(8)	2.029(4)	MgO
9	49.55(6)	1.8381(19)	Mg SiO <sub>3</sub>
10	51.61(5)	1.7697(17)	Al <sub>2</sub> Mg <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub>
11	52.21(8)	1.751(2)	Mg SiO <sub>3</sub>
12	58.90(3)	1.5668(7)	Al <sub>2</sub> MgO <sub>4</sub>
13	64.751(18)	1.4386(4)	Al <sub>2</sub> MgO <sub>4</sub>

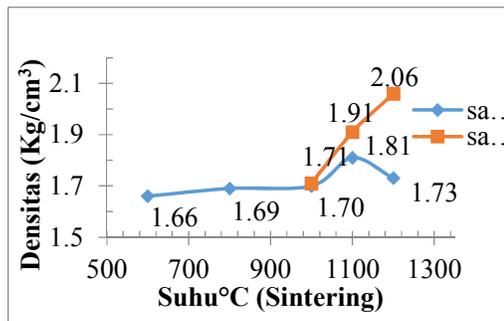
Dari Tabel 3 diatas dapat kita lihat bahwa penambahan persentase komposisi pada Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan MgO sangat berpengaruh pada fasa yang terbentuk dalam sampel uji ini, walaupun fasa tertinggi pada sampel ini yang ditunjukkan pada no 4 yaitu SiO<sub>2</sub>, tetapi fasa-fasa yang lain terbentuk pada sampel 2 ini terlihat lebih banyak jika dibandingkan dengan sampel 1 yang mendominasi hanya SiO<sub>2</sub>, dan pada pengujian sampel 2 ini juga menunjukkan bahwa semakin bertambah nya persentase komposisi pada Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan MgO sangat berpengaruh pada fasa baru yang terbentuk pada sampel 2 ini, dimana bisa kita lihat perubahannya yaitu ketiga bahan tersebut sudah saling bereaksi seperti yang kita lihat pada puncak yang ke 5 dan ke 10, dan pada puncak no 12 dan puncak no 13 disana dapat kita lihat terbentuknya Al<sub>2</sub>MgO<sub>4</sub> (Spinel), dan jika kita bandingkan ke hasil pengujian XRD sampel 1, pada sampel tersebut Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tidak bereaksi dengan MgO, jadi dari penjelasan diatas dapat kita simpulkan bahwa penambahan persentase komposisi pada sampel 2 sangat berpengaruh pada fasa-fasa yang terbentuk pada sampel uji tersebut.

#### 4.2 Hasil Pengujian densitas (Massa Jenis)

Pengukuran densitas dilakukan untuk mengetahui pada suhu *sintering* berapa densitas maksimum terjadi dan pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan metode biasa atau langsung yaitu dengan memabagikan langsung massa dengan volume dari sampel tersebut. Berikut ini akan di jelaskan hasil pengujian densitas bahan material keramik sampel 1 dengan komposisi abu vulkanik 90%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5% dan MgO 5%, dan untuk sampel 2 komposisi abu vulkanik 90%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10% dan MgO 10% dapat kita lihat pada Tabel 4 dan Gambar 3 berikut.

Tabel 4. Hasil perbandingan nilai densitas pada setiap sampel uji

	Suhu (°C)	$\rho$ (gr/cm <sup>3</sup> )
Sampel 1	600	1.66
	800	1.69
	1000	1.70
	1100	1.81
	1200	1.73
Sampel 2	1000	1.71
	1100	1.91
	1200	2.06



Gambar 3 Hasil perbandingan nilai densitas pada setiap sampel uji

Dari Tabel 4 dan Gambar 3 diatas dapat dilihat perbandingan hasil nilai denistas pada sampel 1 dan sampel 2, dimana dari data hasil pengujian diatas pada sampel 1 dari suhu 600 °C sampai dengan suhu 1100 °C nilai densitas mengalami kenaikan nilai densitasnya, sementara pada suhu 1200 °C nilai denistas mengalami penurunan, hal ini menunjukkan bahwa pada sampel 1 pada suhu 1200 °C ini mengalami perubahan bentuk dan telah mendejati titik leburnya (deformasi, dari hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa suhu optimum pada sampel 1 ini adalah pada suhu 1100 °C. Dan pada sampel 2 dapat dilihat bahwa ada perubahan pada hasil pengujian densitas pada sampel 2 tersebut dimana semakin tinggi suhu sintering, dan jika dibandingkan dengan sampel 1 nilai yang densitas yang cenderung baik itu berada pada sampel 2, hal ini bisa dipengaruhi karena pada sampel 2 ini terbentuknya fasa  $Al_2MgO_4$  (Spinel) dimana seperti yang kita ketahui bahwa nilai densitas pada keramik spinel ini memiliki nilai densitas yang cukup tinggi.

#### 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan (Hardness Vickers)

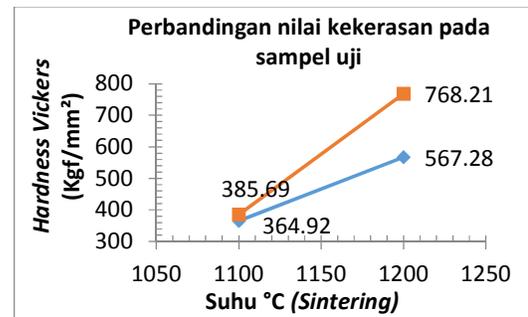
Uji kekerasan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan metode Kekerasan Vickers yang mengacu pada standard JIS Z 2251. (Somiya,1989), Dan tujuan dilakukan pengujian kekerasan adalah untuk mengetahui nilai

kekerasan yang terdapat pada setiap sampel uji dengan menggunakan alat *Microhardness tester*. Berikut ini akan di jelaskan hasil pengujian kekerasan bahan material keramik sampel 1 dengan komposisi abu vulkanik 90%,  $Al_2O_3$  5% dan MgO 5%, dan untuk sampel 2 komposisi abu vulkanik 90%,  $Al_2O_3$  10% dan MgO 10% dapat kita lihat pada Tabel 5 dan Gambar 6 berikut.

Tabel 5 Perbandingan hasil nilai uji kekerasan pada setiap sampel uji

No	Suhu °C	HV (Kgf/mm <sup>2</sup> )
1	1100	364.92
	1200	567.28
2	1100	385.69
	1200	768.21

Dari Tabel 5 diatas dapat kita lihat nilai perbandingan antara sampel 1 dan sampel 2, dimana dapat kita lihat bahwa nilai densitas yang cukup tinggi berada pada sampel 2, untuk lebih jelas, akan disajikan dalam bentuk Gambar 6 berikut.

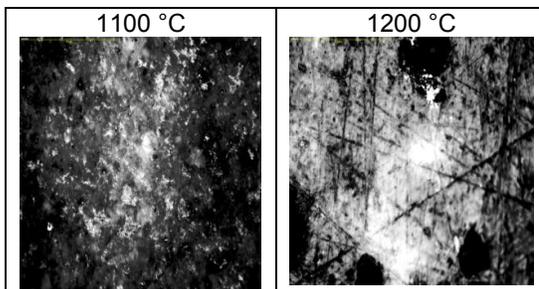


Gambar 6. Perbandingan Hasil Nilai uji Kekerasan pada setiap sampel uji

Dari Gambar di atas dapat kita dilihat perbandingan hasil nilai kekerasan yang diperoleh pada setiap sampelnya, dimana pada garis yang berwarna biru adalah sampel 1 dan garis yang berwarna merah adalah sampel 2. Dan dapat dilihat kenaikan nilai kekerasannya, dimana gambar tersebut menunjukkan nilai kekerasan yang cenderung tinggi ada pada sampel 2 yang mencapai 768.21 kgf/mm<sup>2</sup> pada suhu 1200 °C, sementara pada sampel 1 pada suhu yang sama yaitu pada suhu 1200 °C, nilai kekerasan yang diperoleh sampel 1 ini hanya mencapai 567.28 kgf/mm<sup>2</sup>. hal ini menunjukkan bahwa penambahan persentase komposisi pada sampel 2 sangat berpengaruh pada nilai kekerasan yang dihasilkan oleh sampel tersebut, dimana setelah dilakukan penambahan persentase komposisi pada unsur  $Al_2O_3$  dan MgO sebanyak 5% per unsurnya maka nilai kekerasan yang didapatkan juga semakin baik.

#### 4.4 Hasil Pengamatan Struktur Morfologi (Optical Microscope)

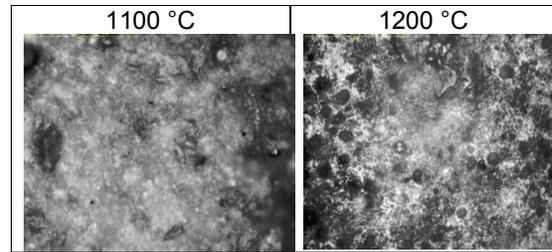
Pengamatan struktur morfologi dilakukan untuk melihat perbesaran yang terjadi pada sampel keramik atau melihat perbesaran pori-pori yang terdapat pada permukaan sampel tersebut, dengan melakukan pemangamatan struktur morfologi ini kita akan bisa melihat langsung apakah campuran bahan yang ada pada sampel tersebut sudah terlihat merata atau belum sama sekali. Hasil pengamatan struktur morfologi dengan menggunakan *Microscope* BS-6000 AT pada sampel keramik yang pertama dengan komposisi Abu Vulkanik gunung sinabung 90%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  5%,  $\text{MgO}$  5% di sintering pada suhu 1100 °C dan pada suhu 1200 °C ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil Foto *Optical Microscope* pada sampel 1 di *sintering* pada suhu 1100 °C dan 1200 °C

Dari hasil foto *optical microscope* dengan perbesaran 40 kali, permukaan struktur sampel 1 dengan komposisi Abu 90%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  5%, dan  $\text{MgO}$  5% di sintering pada suhu 1100 °C dapat kita amati dari Gambar. 4.1 diatas, terlihat dengan jelas bahwa yang masih sangat kelihatan dari gambar tersebut diatas adalah alumina yaitu yang ditunjukkan pada warna putih kilat, dan yang berwarna abu-abu itu adalah warna dari abu vulkanik gunung sinabung itu sendiri.

Seperti yang terlihat dari gambar diatas juga abu vulkanik dan unsur Alumina dan juga  $\text{MgO}$  belum menyatu atau belum bisa dikatakan kompak, dan yang berwarna hitam itu disebut pori-pori yang ada pada sampel tersebut. Namun jika kedua hasil tersebut kita bandingkan terlihat bahwa yang lebih dominan terlihat merata adalah pada suhu *sintering* 1200 °C. Hal ini di karenakan kandungan unsur yang ada pada bahan material keramik tersebut belum tercampur dengan rata ataupun pada saat proses homogenisasinya juga masih kurang optimal. Untuk hasil pengamatan struktur morfologi pada sampel 2 yang berkomposisi Abu 80%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10% dan  $\text{MgO}$  10% di sintering pada suhu 1100 °C dan 1200 °C ditunjukkan pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Hasil Foto *Optical Microscope* pada sampel 2 di *sintering* pada suhu 1100 °C dan 1200 °C

Dari hasil foto *optical microscope* dengan perbesaran 40 kali, permukaan struktur sampel yang ke 2 dengan komposisi Abu vulkanik gunung sinabung 80%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10%, dan  $\text{MgO}$  10% di sintering pada suhu 1100 °C dapat kita amati dari Gambar 8 diatas. Pada hasil foto *optical microscope* diatas terlihat permukaan struktur sampel yang ke 2 pada suhu *sintering* 1100 °C sudah merata dibandingkan dengan sampel 1 dengan komposisi Abu 90%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  5%, dan  $\text{MgO}$  5% walaupun pada foto hasil pengamatan diatas masih ada terlihat pori-pori tetapi tidak terlalu banyak. Hal ini menunjukkan bahwa persentase campuran juga sangat berpengaruh untuk mendapatkan hasil yang optimal. Untuk hasil pengamatan struktur morfologi pada sampel 2 pada suhu sintering 1200 °C Seperti yang kita lihat pada gambar 4.6 diatas terlihat bahwa bahan sampel keramik Abu Vulkanik,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{MgO}$  sudah hampir bisa dikatakan menyatu atau sudah merata walaupun masih banyak juga terdapat pori-pori pada permukaan sampel, dan yang paling kelihatan pada pengamatan ini masih pada alumina dan abu gunung sinabungnya dan juga belum bisa dikatakan bahwa ketiga bahan material keramik tersebut menyatu. Hal ini menunjukkan bahwa persentase komposisi sampel uji dan suhu *sintering* sangat berpengaruh untuk mendapatkan hasil yang optimal, dimna pada saat suhu sintering dinaikkan maka hasil pengamatan strukturnya terlihat lebih merata.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada pembuatan keramik magnesium alumina silika dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

- 1) Telah berhasil dibuat keramik magnesium alumina silika dari bahan dasar abu vulkanik Gunung sinabung khususnya pada sampel 1 dengan komposisi Abu Vulkanik 90%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  5%, dan  $\text{MgO}$  5% di sintering pada suhu 1100 °C, sedangkan pada sampel 2 dengan komposisi Abu Vulkanik Gunung sinabung 80%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10% dan  $\text{MgO}$  10% fasa lain yang terbentuk adalah fasa  $\text{Al}_2\text{MgO}_4$  (spinel).
- 2) Pada pembuatan keramik magnesium alumina silika dari bahan abu vulkanik gunung

sinabung, suhu pembakaran (*sintering*) yang optimum pada sampel 1 dengan komposisi abu 90%,  $Al_2O_3$  5% dan MgO 5% adalah pada suhu *sintering* 1100 °C dengan hasil nilai densitas sebesar 1.81 gr/cm<sup>2</sup> dan untuk hasil nilai kekerasannya sebesar 567.28 kgf/mm<sup>2</sup> Sedangkan pada sampel 2 abu 80%,  $Al_2O_3$  10% dan MgO 10% suhu pembakaran (*sintering*) yang optimum adalah pada suhu 1200 °C dengan hasil nilai densitas sebesar 2.06 gr/cm<sup>2</sup> dan hasil nilai kekerasannya sebesar 768.21 kgf/mm<sup>2</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ajie, N. G. 2008. Sintesis & Karakterisasi Keramik Struktural Alumina Pada Sintering Temperatur Rendah Untuk Aplikasi Armor Facing. Tugas Akhir Sarjana, ITB Bandung.
- [2]. Astuti, A. 2008. Keramik: Ilmu dan Proses Pembuatannya. Yogyakarta: Jurusan Kriya, Fakultas Seni Rupa, ISI.
- [3]. Chartterjee, M and Naskar M.K. 2004. Sol-Gel Synthesis of Lithium Aluminium Silicate Powders; The Effect of Silica Sources. *Ceramic International*. 32. p. 623 – 632.
- [4]. Etty, M.W. & Muljadi. 1997. kajian pembuatan keramik kordirit sebagai media katalis. Jakarta: puslitbang fisika terapan-LIPI.
- [5]. Fiantis, D., 2006. Laju Pelapukan Kimia Debu Vulkanis G. Talang Dan Pengaruhnya Terhadap Proses Pembentukan Mineral Liat Non-Kristalin. Fakultas Pertanian/Jurusan Tanah. Universitas Andalas. Padang
- [6]. Firman, L. 2016. Pengaruh suhu sintering pada magnet NdFeB terhadap sifat fisis, magnetic dan struktur kristalin.
- [7]. Hari Subiyanto., Subowo., (2008). *Pengaruh Temperatur Penuangan Aluminium A-356 Pada Proses Pengecoran Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Coran*, Jakarta, Indonesia.
- [8]. Jamaluddin, K. 2010. *X-Rays Diffractions*. Makalah Fisika Material. Departemen Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Halueleo. Kendari
- [9]. Llu, M.O. 1998 "Mechanical Alloying and Milling "(Boston,kluever Academic publishers.
- [10]. Lin C. W., Et All., 1998, *Production Of Silicacarbida Al 2124 Alloy Functionally Graded Materials By Mechanical Powder Metallurgy Technique*, Department Of Material, Imperial College Of Science Tehnology And Medicine, Prince Consort Road, London SW7 2BP.
- [11]. Nurul, T.R., Agus, S.W. & Suryadi,D. 2007. HEM type E3D. Alat penghancur pembuat fungsional nanometer dan gerakan elips 3 dimensi paten no p00200700207.
- [12]. Pitak, N.V and Ansimova, T. A. 1977. Mechanism of Destruction of Mullite-Corundum Products in a Variable Redox Medium. *Refractories*. 15. P. 38-41