

**SINTESIS KERAMIK REFRAKTORI $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ DENGAN
METODA SOL-GEL DAN SIFAT FISIKANYA DALAM BERBAGAI
TEMPERATUR KALSINASI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Rahmi Muthia

02054-2008

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2013**

PENGESAHAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Judul : SINTESIS KERAMIK REFRAKTORI $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$
DENGAN METODA SOL-GEL DAN SIFAT FISIKANYA
DALAM BERBAGAI TEMPERATUR KALSIKASI

Nama : Rahmi Muthia

Nim : 02054

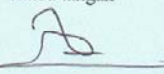
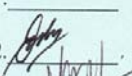
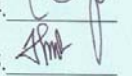
Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 26 April 2013

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
1. Ketua	: Prof. Ali Amran, M.Pd, M.A, Ph.D	1. 
2. Sekretaris	: Deski Beri, M.Si	2. 
3. Anggota	: Dr. Hardeli, M.Si	3. 
4. Anggota	: Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D	4. 
5. Anggota	: Hari Sanjaya, M.Si	5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Mei 2013

Yang menyatakan,

Rahmi Muthia

ABSTRAK

**RAHMI MUTHIA (2013): SINTESIS KERAMIK REFRAKTORI
Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ DENGAN METODA
SOL-GEL DAN SIFAT FISIKANYA
DALAM BERBAGAI TEMPERATUR
KALSINASI**

Keramik dapat didefinisikan sebagai material sintetis yang komponennya dasarnya adalah material logam dan nonlogam. Keramik Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ tergolong keramik oksida yang memiliki kekuatan sangat tinggi, keras, tahan suhu tinggi dan dapat digunakan sebagai kapasitor listrik. Keramik Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ disintesis dengan metoda sol-gel menggunakan bahan baku *Tetraethyl Orthosilicates* (TEOS), Al(NO₃)₃.9H₂O dan Mn(NO₃)₂.4H₂O dengan variasi temperatur kalsinasi 900-1100°C. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi terhadap keramik Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ yang disintesis dengan sol-gel dan melihat sifat fisiknya. Hasil sintesis keramik Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ berupa bubuk berwarna hitam setelah dikalsinasi. Analisa XRD dari keramik Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ menunjukkan semakin tinggi suhu kalsinasi puncak yang dihasilkan makin banyak dan derajat kristalnya makin baik, dimana keramik pada suhu 900°C 1000°C dan 1100°C bersifat kristal dan diperoleh struktur keramik Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ berupa garnet berdasarkan data ICSD 50621. Morfologi Keramik Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ dengan SEM menunjukkan bahwa keramik pada suhu 1100°C sudah homogen secara mikroskopis, terlihat dari gumpalan-gumpalan partikel keramik yang merata sedangkan keramik pada suhu 900°C dan 1000°C kurang homogen. Besarnya kapasitas dari keramik Al₂O₃.MnO₂.SiO₂ yang diukur dengan alat LCR meter didapatkan persamaan empiris $F(C,T) = 0,01625T - 11,0833$ dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi maka nilai kapasitas kapasitor semakin tinggi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“SINTESIS KERAMIK REFRAKTORI $Al_2O_3.MnO_2.SiO_2$ DENGAN METODA SOL-GEL DAN SIFAT FISIKNYA DALAM BERBAGAI TEMPERATUR KALSINASI”**. Skripsi ini diajukan untuk menyelesaikan tugas akhir mahasiswa pada jurusan kimia, program studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, arahan serta petunjuk dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Ali Amran, M.Pd, M.A, Ph.D sebagai Pembimbing I.
2. Bapak Deski Beri, M.Si sebagai Pembimbing II.
3. Bapak Tim Penguji yaitu Bapak Dr. Hardeli, M.Si, Bapak Hari Sanjaya, M.Si, Bapak Budhi Oktavia, M.Si.Ph.D
4. Ibu Dra. Andromeda, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Budhi Oktavia, M.Si. Ph.D, selaku Ketua Program Studi Kimia.
6. Bapak dan Ibu Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
7. Bapak dan Ibu Staf Analis Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.

Penulis berharap semoga adanya kritik dan saran dari pembaca demi tercapainya kesempurnaan skripsi ini. Atas kritik dan saran yang diberikan penulis sampaikan terima kasih.

Padang, April 2013

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Keramik	4
1. Struktur Keramik	7
2. Sifat Keramik.....	10
B. Garnet.....	14
C. Proses Sol-gel.....	16
1. Tahap-tahap Proses Sol-Gel.....	18
2. Kelebihan dan Kekurangan Proses Sol-Gel.....	19
3. Aplikasi Proses Sol-Gel.....	19
D. Karakterisasi	19
1. X-Ray Diffraction (XRD).....	19
2. Scanning Electron Microscopy (SEM).....	21
3. Kapasitas Kapasitor.....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	25

A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
B. Alat dan Bahan	25
C. Prosedur Kerja.....	26
1. Preparasi Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	26
2. Pembuatan Sol Gel Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	26
3. Proses Kalsinasi Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	26
4. Karakterisasi Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	26
5. Pengukuran Kapasitas Kapasitor Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Hasil	28
B. Pembahasan	29
1. Analisa X-Ray Diffraction (XRD) Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	29
2. Morfologi SEM Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	33
3. Kapasitas Kapasitor dari Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
A. Kesimpulan.....	37
B. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

Gambar 1. Berbagai jenis keramik yang dipakai dalam kehidupan sehari-hari	5
Gambar 2. Contoh Keramik Kaca (a) Gelas dan (b) Kaca Jendela.....	6
Gambar 3. Contoh keramik listrik yang dipakai sebagai komponen elektronika	7
Gambar 4. Contoh keramik refraktori dan pemakaiannya pada (a) Selimut api dan (b) Furnace temperatur tinggi	8
Gambar 5. Contoh keramik magnetik yang dipakai sebagai salah satu komponen microwave	8
Gambar 6. Contoh perubahan struktur keramik dari tetragonal menjadi kubik pada keramik	9
Gambar 7. Struktur kristal intan berbentuk kubus	10
Gambar 8. Contoh Keretakan Keramik Akibat Perubahan Suhu Mendadak	11
Gambar 9. Struktur Kristal Keramik Listrik.....	12
Gambar 10. Sifat Magnetik yang Ditinjau dari Kurva Histerisis.....	12
Gambar 11. Koordinasi atom Ca di katoite oleh delapan oksigen dari OH kelompok dan di grossular oleh delapan oksigen dari SiO ₄ tetrahedral.....	15
Gambar 12. Proses sol-gel dan produknya	17
Gambar 13. Prinsip Kerja X-Ray Diffraction (XRD).....	20
Gambar 14. Prinsip Kerja Scanning Electron Microscopy (SEM).....	22
Gambar 15. Contoh analisa SEM dari keramik alumina.....	22

Gambar 16. LCR meter.....	23
Gambar 17. Proses Terbentuknya (a) Sol (b) Gel Basah dan (b) Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ setelah dikalsinasi.....	28
Gambar 18. Hasil Analisa XDR dari Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ yang di Kalsinasi pada Suhu 900, 1000, 1100, dan 1200°C.....	30
Gambar 19. Struktur senyawa keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ yang diperkirakan sesuai dengan data ICDS 50621 berdasarkan rujukan Sawada (1999).....	32
Gambar 20. Hasil Morfologi SEM Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ yang di Kalsinasi pada suhu 900, 1000 dan 1100°C dengan perbesaran 5000X.....	33
Gambar 21. Grafik Hubungan Kenaikan Suhu Kalsinasi Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ dengan Besar Nilai Kapasitas Kapasitor.....	34

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Difraktogram keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ pada suhu 900°C	30
Tabel 2. Difraktogram keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ pada suhu 1000°C	31
.....	31
Tabel 3. Difraktogram keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ pada suhu 1100°C	31
.....	31
Tabel 4. Difraktogram keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ pada suhu 1200°C	33
.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Halaman

Lampiran 1 : Skema Kerja	42
Lampiran 2 : Perhitungan Pemakaian Zat.....	43
Lampiran 3: Hasil Analisa XRD Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ pada Temperatur Kalsinasi 900, 1000, 1100 dan 1200°C	45
Lampiran 4 : Tabel Untuk Menentukan Struktur Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	47
Lampiran 5: Hasil Pengukuran Kapasitas Kapasitor dengan LCR meter dari Sintesis Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ pada Temperatur Kalsinasi 900, 1000, dan 1100°C.....	49
Lampiran 6 : Foto Hasil Sintesis Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$	50
Lampiran 7 : Data ICDS 50621.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada umumnya pengertian keramik adalah cakupan untuk semua benda yang terbuat dari tanah liat (lempung), yang mengalami proses panas/ pembakaran sehingga mengeras (Goesmul, 2012). Balai Besar Keramik Bandung, mendefinisikan keramik sebagai produk yang terbuat dari bahan galian logam dan nonlogam yang telah mengalami proses panas yang tinggi. Produk yang dihasilkan mempunyai struktur kristalin dan non-kristalin atau campuran (Praptopo, 1984).

Pengertian keramik secara luas dan umum adalah bahan-bahan yang dibakar pada temperatur tinggi, termasuk di dalamnya adalah semen, gips, besi (metal) dan lain sebagainya (Goesmul, 2012). Namun istilah keramik cenderung digunakan untuk barang-barang yang diglasir, terbuat dari batuan dan porselen (Anonim, 2012). Umumnya keramik merupakan suatu bentuk bahan yang terbuat dari tanah liat dan bahan tambahan lainnya yang diproses dengan cara pembakaran (Wikipedia, 2010). Contoh kegunaan keramik adalah untuk membuat barang pecah belah, keperluan rumah tangga seperti guci atau vas bunga dan bahan bangunan lainnya (Goesmul, 2012). Saat ini penggunaan keramik tidak hanya untuk keperluan ini tetapi juga digunakan dalam industri salah satunya sebagai keramik refraktori (Yusuf, 1998).

Ada 2 jenis keramik yang telah banyak dikembangkan yaitu keramik tradisional dan keramik modern (Taylor, 2004). Beberapa tahun terakhir, proses

pembuatan keramik modern (keramik industri) menghasilkan banyak jenis keramik dengan berbagai kegunaan (Anonim, 2012). Keramik industri dibuat dari bahan kimia yang telah diberi tekanan kemudian dipanaskan pada temperatur tinggi (Inra, 2003). Salah satu pemanfaatan keramik industri yaitu keramik alumina (Taylor, 2004). Alumina termasuk salah satu jenis keramik yang aplikasinya sangat luas di berbagai bidang (Safrin, 2011). Sampai saat ini produk keramik alumina masih diimpor, baik dari Jepang, Australia, Eropa, dan Amerika (Nasikin, 2002). Beberapa aplikasi alumina adalah sebagai bahan substrat elektronik, isolator temperatur tinggi, dan komponen-komponen otomotif seperti, rem dan bahan pelapis mesin (Safrin, 2011).

Pembuatan keramik telah dilakukan oleh Lim Rooi Ping dkk (2001) magnesium alumina (MgAl_2O_4) yang disintesis melalui teknik pemanasan bertahap atau *heat sustained technique* (SHS) menghasilkan bubuk magnesium alumina dengan kemurnian sangat tinggi. Masna Resy (2012) melihat pengaruh temperatur kalsinasi terhadap keramik $\text{MgO.P}_2\text{O}_5.\text{SiO}_2$ yang disintesis dengan proses sol-gel dengan hasil menunjukkan bahwa temperatur kalsinasi sangat berpengaruh terhadap sintesis keramik $\text{MgO.P}_2\text{O}_5.\text{SiO}_2$ dan analisa XRD dan SEM menunjukkan bahwa kristal yang sempurna terbentuk pada temperatur 1000°C . Kaston Sijabat (2007) melakukan sintesis keramik paduan *Corderit* $2\text{MgO}.2\text{Al}_2\text{O}_3.5\text{SiO}_2$ dimana *corderit* mulai terbentuk pada suhu kalsinasi 1250°C dan hasil analisa SEM menunjukkan *corderit* berbentuk batangan dengan ukuran partikel $1\text{-}3\mu$. Dikarenakan banyaknya kegunaan keramik alumina saat ini, karena itu penulis tertarik melakukan penelitian tentang “Sintesis Keramik Refraktori

$\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ dengan Metoda Sol-Gel dan Sifat Fisiknya dalam Berbagai Temperatur Kalsinasi“.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang akan menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah **“Bagaimana Sintesis Keramik Refraktori $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ dengan Metoda Sol-Gel dan Sifat Fisiknya dalam Berbagai Temperatur Kalsinasi?”**.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Prekursor yang digunakan adalah TEOS dan sebagai sumber oksida logam adalah aluminium nitrat dan mangan nitrat.
2. Temperatur kalsinasi pada suhu 900, 1000, 1100 dan 1200°C.
3. Karakterisasi keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ dengan menggunakan XRD dan SEM.
4. Nilai kapasitas yang tersimpan dalam keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan proposal ini yaitu:

1. Melakukan sintesis keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ dengan proses sol-gel dengan variasi temperatur kalsinasi.
2. Melihat pengaruh temperatur kalsinasi terhadap keramik yang dihasilkan.

3. Mengetahui struktur kristal yang terbentuk dengan menggunakan XRD dan morfologi dengan SEM dari keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$.
4. Mengetahui nilai kapasitas yang tersimpan dalam keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tentang cara mensintesis keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ menggunakan metoda sol-gel, bagaimana pengaruh variasi temperatur kalsinasi terhadap struktur keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ dan nilai kapasitas dari keramik tersebut. Dapat digunakan sebagai penelitian lebih lanjut tentang keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ dan perkembangannya yang dapat di aplikasikan pada berbagai bidang dalam kehidupan sehari-hari seperti pada industri kaca, industri komponen listrik dan lain-lain.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Keramik

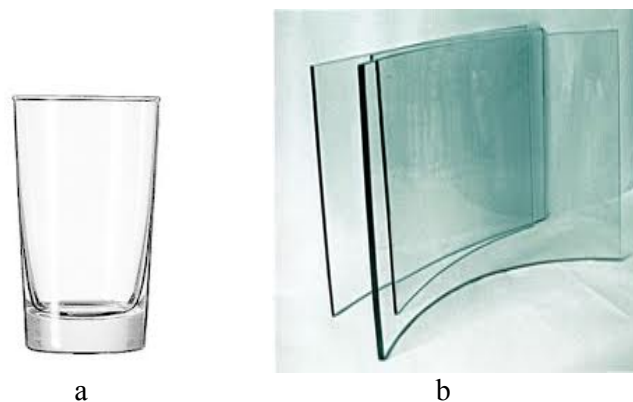
Istilah keramik berasal dari bahasa Yunani yaitu *ceramikos* yang artinya suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. (Heimann, 2010). Keramik dapat didefinisikan sebagai material sintetis yang komponen dasarnya adalah material logam dan nonlogam (Norton, 1974). Menurut kamus ensiklopedia tahun 1950-an mendefinisikan keramik sebagai suatu hasil seni dan teknologi untuk menghasilkan barang dari tanah liat yang dibakar, seperti gerabah, genteng, dan porselin yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Berbagai jenis keramik yang dipakai dalam kehidupan sehari-hari (a) Gerabah (b) Genteng (c) Porselen dan (d) Alat Pecah Belah (Sumber: Wikipedia, 2012)

Pemanfaatan benda-benda keramik dalam kehidupan sehari-hari sudah semakin luas dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi (Yusuf, 1998). Karakteristik yang sangat penting pada keramik adalah sifat kekerasan yang sangat baik, sehingga banyak digunakan sebagai bahan dasar dalam industri (Kingery, 1960). Contoh dari bahan industri yang terbuat dari keramik yaitu:

- a. Keramik Kaca, kaca adalah material padat yang bening dan transparan (tembus pandang), biasanya rapuh (Wikipedia, 2012). Jenis yang paling banyak digunakan selama berabad-abad sebagai jendela dan gelas minum. Kaca dibuat dari campuran 75% silikon dioksida (SiO_2) dengan tambahan Na_2O , CaO , dan beberapa zat lain (Dian, 2011). Suhu lelehnya adalah 2.000°C . Aplikasi keramik kaca dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Contoh keramik kaca (a) gelas dan (b) kaca jendela (Sumber: Wikipedia, 2012).

- b. Keramik listrik, yang termasuk dalam kategori keramik ini mempunyai fungsi elektromagnet dan optik dan juga fungsi kimia yang berkaitan dengan penggunaannya secara langsung (Wikipedia, 2012). Oksida-oksida yang sering digunakan adalah *alumina* (Al_2O_3), *zirconium* (ZrO_2), *beryllia*

(BeO), *magnesia* (MgO), *spinel* (MgAl₂O₃) dan *fosterite* (Mg₂SiO₂) (Kingery, 1960). Keramik ini digunakan sebagai bahan penyekat, magnet, semikonduktor dan komponen listrik lainnya (Farida, 2005). Keramik listrik dapat diaplikasikan pada komponen-komponen listrik yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Contoh keramik listrik yang dipakai sebagai komponen elektronika (Sumber: Wikipedia, 2012)

- c. Keramik refraktori yaitu, keramik yang mencakup bahan–bahan yang digunakan untuk menahan pengaruh termal, kimia dan fisik (Wikipedia, 2010). Bahan yang termasuk di dalam golongan ini ialah alumina, silikon karbida, silikon nitrida, komposit dan bahan yang di lapsi dengan keramik. Refraktori dijual dalam bentuk bata tahan api, bata silika, selimut api dan lainnya (Farida, 2005). Aplikasi keramik refraktori dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Contoh keramik refraktori dan penggunaannya pada (a) Selimut api dan (b) Furnace temperatur tinggi (Sumber: Wikipedia, 2012)

- d. Keramik magnetik, keramik jenis ini, komposisi dan kegunaannya banyak dipakai sebagai unit memori magnetik komputer (Yusuf, 1998). Sifat listriknya yang unik terutama berguna dalam aplikasi elektronik *microwave* berfrekuensi tinggi yang dapat dilihat pada **Gambar 5**. (Kingery, 1960).



Gambar 5. Contoh keramik magnetik yang dipakai sebagai salah satu komponen *microwave* (Sumber: Wikipedia, 2012).

1. Struktur Keramik

Ikatan atom pada keramik umumnya ikatan ion, walaupun ada sebagian mempunyai ikatan kovalen (Yusuf, 1998). Menurut Higgins (1994), berdasarkan pada komposisinya maka keramik dapat dikelompokkan menjadi

empat, yaitu: keramik amorf, keramik kristal, keramik yang berikatan dan semen.

- a. keramik amorf, merupakan bahan-bahan yang dihubungkan dengan gelas-gelas. Contoh penggunaannya botol-botol, dan jedela.
- b. keramik kristal, merupakan material-material fasa tunggal seperti magnesium, dan aluminium oksida
- c. keramik yang berikatan, merupakan material-material kristal tunggal yang berikatan bersama oleh matrik glass, umumnya keramik ini berasal dari lempung
- d. semen, kebanyakan semen merupakan kristal dengan beberapa diantaranya terdiri dari kristal dan amorf.

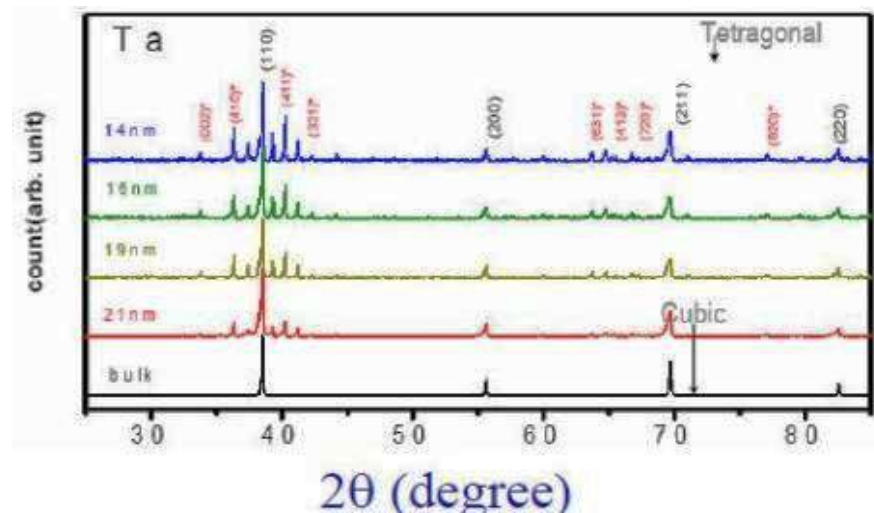
2. Sifat Keramik

Keramik memiliki sifat kimia, mekanik, fisika, panas, elektrik, dan magnetik yang membedakan mereka dari material lain seperti logam dan plastik (Dian, 2011). Dimana sifat-sifat keramik yaitu:

a. Sifat Kimia

Keramik lebih resisten terhadap korosi dibanding plastik dan logam (Dian, 2011). Keramik biasanya tidak bereaksi dalam fasa cair maupun gas dalam basa dan asam (Wikipedia, 2012). Beberapa jenis keramik memiliki titik leleh yang tinggi dan beberapa diantaranya masih dapat digunakan pada temperatur mendekati titik lelehnya (Kingery, 1960). Keramik juga stabil dalam waktu yang lama (Wikipedia, 2010). Dalam sintesis keramik dapat mengalami transisi fasa seperti terlihat pada **Gambar 6**. Keramik

mengalami perubahan struktur dari tetragonal menjadi kubik pada temperatur tinggi (Anonim, 2012).



Gambar 6. Contoh perubahan struktur keramik dari tetragonal menjadi kubik pada keramik (Sumber: Anonim, 2012).

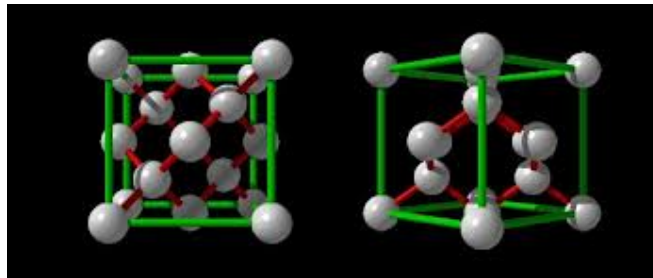
b. Sifat Mekanik

Ikatan keramik dapat dibilang sangat kuat, dapat dilihat dari kekakuan ikatan dengan mengukur kemampuan keramik menahan tekanan dan kelengkungan (Ismunandar, 2004). Walaupun keramik memiliki ikatan yang kuat dan tahan pada temperatur tinggi, material ini sangat rapuh dan mudah pecah bila dijatuhkan atau ketika dipanaskan dan didinginkan seketika (Safrin, 2011).

c. Sifat Fisik

Sebagian besar komposisi penyusun keramik yaitu karbon, oksigen atau nitrogen dengan material lain seperti logam ringan dan semilogam (Wikipedia, 2010). Sehingga menyebabkan keramik memiliki densitas yang kecil dan sebagian keramik yang ringan mungkin dapat sekeras

logam yang berat. Keramik yang keras juga tahan terhadap gesekan (Feriyauar, 2012). Senyawa keramik yang paling keras adalah intan dalam bentuk kristal kubusnya dan dapat digunakan untuk memotong benda lain seperti kaca, logam dan keramik (Wikipedia, 2010). Struktur kristal intan dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Struktur kristal intan berbentuk kubus (Sumber: Anonim, 2011).

d. Sifat Panas

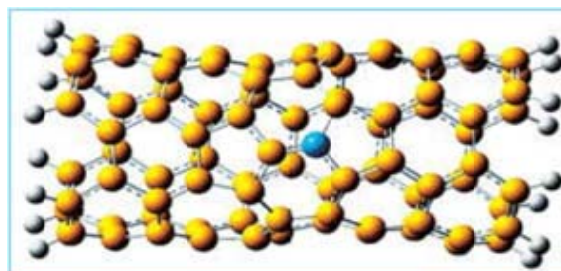
Sebagian besar keramik memiliki titik leleh yang tinggi, artinya walaupun pada temperatur tinggi dan dibawah tekanan tinggi keramik ini dapat bertahan (Feriyauar, 2012). Akan tetapi perubahan temperatur yang besar dan tiba-tiba dapat melemahkan keramik. Perubahan temperatur tersebutlah yang dapat membuat keramik pecah (Yusuf, 1998). **Gambar 8**. Menampilkan keretakan porselen dengan perubahan suhu mendadak.



Gambar 8. Contoh keretakan keramik akibat perubahan suhu mendadak (Sumber: Wikipedia, 2011).

e. Sifat Elektrik

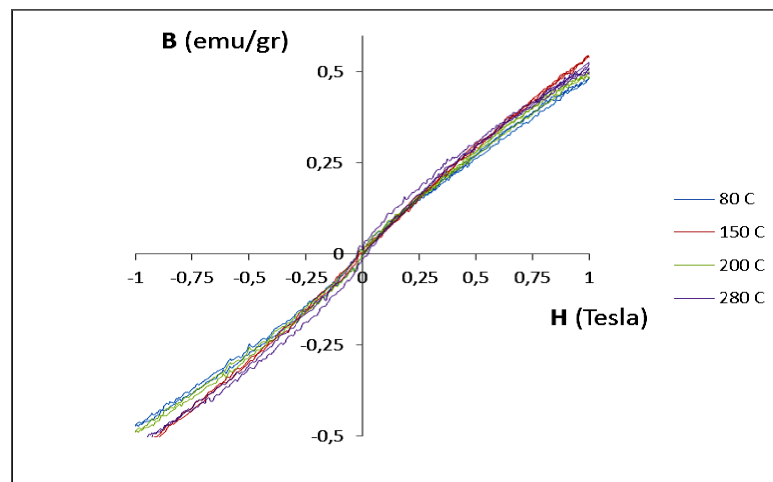
Pada temperatur rendah maupun tinggi keramik dapat menghantarkan listrik (Yusuf, 1998). Semikonduktor adalah atom yang berisi empat elektron valensi. Karena jumlah elektron valensi di dalam semikonduktor adalah ditengah antara satu (konduktor) dan delapan (isolator) maka dihasilkan semikonduktor. Bahan semikonduktor yang banyak digunakan adalah silikon (Si), germanium (Ge), dan karbon (C). Silikon dan germanium digunakan untuk membuat komponen-komponen zat padat (*solid state*), sedangkan karbon terutama untuk membuat resistor dan potensiometer (Sapan, 2012). Struktur kristal yang menggambarkan sifat elektrik keramik terlihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Struktur kristal keramik listrik (Sumber: Emmel, 2011).

f. Sifat Magnetik

Keramik bermagnet biasanya digunakan pada motor listrik dan sirkuit listrik dan dapat dibuat dengan *resistensi* tinggi terhadap *demagnetisasi* (Feriyuanar, 2012). Ketika elektron-elektron disejajarkan sedemikian rupa, keramik dapat menghasilkan medan magnet yang sangat kuat dan sukar *demagnetisasi* (menghilangkan medan magnet) dengan memecah barisan elektron tersebut (Kosasih, 2012).



Gambar 10. Sifat magnetik yang ditinjau dari kurva histerisis (Sumber: Kosasih, 2012).

Kurva pada Gambar 10. menunjukkan sifat *softmagnetic* dengan magnetisasi remanensi (M_r) sebesar 0,01 emu/gr, medan koersivitas (H_c) sebesar 0,00825 Tesla dan mempunyai magnetisasi tertinggi terjadi ketika medan koersivitas (H_c) sebesar 1 Tesla dengan magnetisasi sebesar 0,55 emu/gr (Kosasih, 2012).

Salah satu yang mempengaruhi sifat-sifat fisika keramik adalah panas atau temperatur kalsinasi. Kalsinasi yaitu merupakan proses penguraian karbonat, hidrat dan gas lain dengan cara pemanasan pada

suhu tertentu. Semakin tinggi temperatur kalsinasi maka reaksi pembentukan keramik semakin sempurna (Higgins, 1994).

B. Garnet

Garnet adalah nama umum yang diterapkan kepada sekelompok mineral silikat yang spesifik dengan struktur kristal karakteristik (Geolines, 2003). Nama garnet berasal dari kata latin "granatum" (*pomegranate*) kemiripan dari beberapa senyawa dalam warna dan bentuk (Geolines, 2003). Garnet menunjukkan keragaman warna, dari berwarna menjadi hitam, kecuali untuk unsur alami. Dalam kristalisasi, garnet yang kubik untuk beberapa komposisi, dan umumnya menunjukkan bentuk kristalografi yang *dodecahedron*, *trapezohedron* atau keduanya (Geolines, 2003).

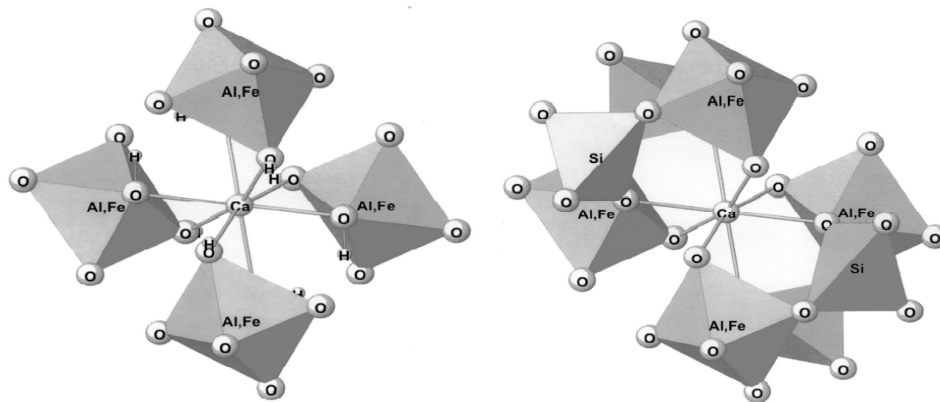
Shigley dan Manson (1993) mengklasifikasikan menjadi tiga kelompok garnet atas dasar senyawa kimia dan posisinya:

- a. *Pyrospite* Kelompok (aluminium garnet dengan *pyrope*, *almandine* dan *spessartine*)
- b. *Ugrandite* kelompok (kalsium garnet dengan *uvarovite*, *grossular* dan *andradite*)
- c. Garnet langka yang mengandung unsur-unsur seperti V, Y, atau Ti Zr.

Klasifikasi ini diselesaikan oleh Strunz dan Nickel (2001) dengan nomenklatur dari "Schorlomite Se-rise" untuk garnet Ti langka dan dari seri *hydroxygarnet*.

Struktur garnet adalah kerangka 3D yang dibangun dari YO_6 oktahedra dan ZO_4 tetrahedra bergabung satu sama lain dengan sudut atom oksigen pada setiap sudutnya. Kerangka yang dihasilkan dari komposisi garnet $Y_2Z_3O_{12}$. Sedangkan kristal garnet oksida yang dirumuskan oleh Geller (1967) mengungkapkan $X_3Y_2Z_3O_{12}$ adalah rumus akhir untuk senyawa *orthosilicate*.

Menzer (1928) menjelaskan struktur dari garnet dan senyawa sintesis $Ca_3Al_2(OH)_{12}$, mengkristal dalam tipe struktur analog dengan garnet tetapi dengan posisi Si kosong.



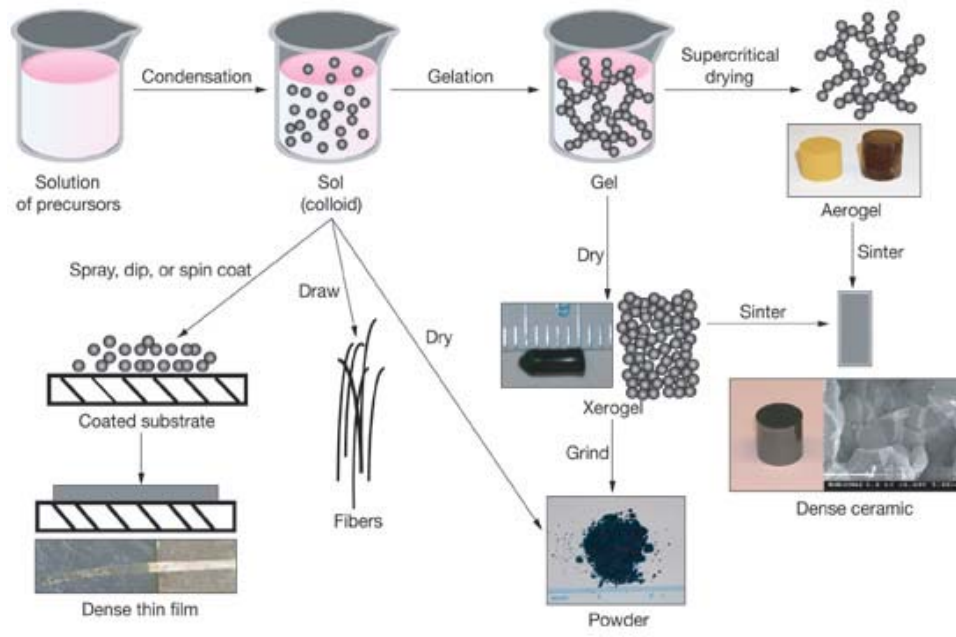
Gambar 11. Koordinasi atom Ca di katoite oleh delapan oksigen dari OH kelompok dan di grossular oleh delapan oksigen dari SiO_4 tetrahedral (Sumber: Geolines, 2003).

Komposisi senyawa garnet biasanya dapat berupa $Z_3Al_2Si_3O_{12}$ dimana ($Z = Mg, Fe, Mn, Ca$) (ICDS 50621, 2000). Pada penelitian sebelumnya oleh Sawada, H (1999) dimana srstruktur $Ca_3.Al_2(SiO_4)_3$ diduga mirip pada pembuatan keramik $Al_2O_3.MnO_2.SiO_2$. Unsur penyusun kedua senyawa ini saling berdekatan pada tabel periodik sehingga struktur yang dihasilkan mirip.

C. Proses Sol-gel

Proses sol-gel merupakan salah satu metoda yang baik untuk sintesis material yang bersuhu tinggi (Sariyusriati, 2008). Keramik oksida disintesis dengan metoda sol-gel karena dengan metoda tersebut didapatkan kehomogenitas yang baik. Sehingga aplikasi tersebut banyak digunakan dalam industri keramik (Pillai, 2008). Proses sol-gel melibatkan suspensi koloid (sol) dan gelasi dari sol membentuk rantai bercabang dalam mediumnya (gel). Produk yang berasal dari proses sol-gel dapat berupa *film*, *fiber*, *monolith* dan *powder* (Sariyusriati, 2008).

Gel adalah partikel terdispersi yang bereaksi dengan partikel lain membentuk rantai bercabang dalam fasa mediumnya (Jamarun, 2000). Prekursor merupakan senyawa awal yang digunakan dalam proses sol-gel. Prekursor pada umumnya mengandung unsur logam yang dikelilingi oleh ligan yang reaktif (Schidmit, 1988). Prekursor sol dapat diendapkan pada substrat untuk membentuk sebuah film (misalnya dengan *dip-coating* atau *spin-coating*), dimasukkan ke dalam wadah yang sesuai dengan bentuk yang diinginkan (misalnya, untuk mendapatkan keramik monolitik, gelas, serat, membran, *aerogels*), atau digunakan untuk mensintesis bubuk (misalnya, *mikrosfer*, *nanospheres*). Para prekursor sol dapat diendapkan pada substrat untuk membentuk sebuah film (Jamarun, 2000).



Gambar 12. Proses sol-gel dan produknya (Sumber: Satcher, 2005).

Dalam proses sol-gel yang menggunakan bahan dasar TEOS terjadi dua tahap reaksi, yaitu (Mikula, 2001) :

1. Reaksi hidrolisis

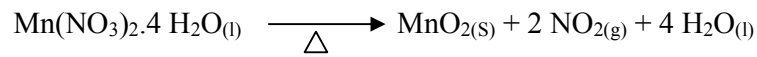
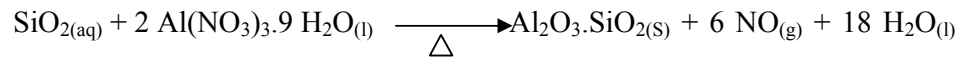


2. Reaksi kondensasi adalah reaksi terbentuknya matriks atau polimer SiO_2 .

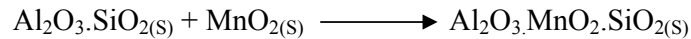
Reaksi kimia yang terjadi dalam proses sintesis keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ secara sol-gel diawali dengan hidrolisis TEOS pada suhu kamar, seperti pada persamaan berikut :



Diikuti dengan pembentukan oksida pada suhu tinggi yang tampak dalam reaksi :



$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ yang terbentuk kemudian bergabung dengan MnO_2 membentuk keramik $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_2 \cdot \text{SiO}_2$. Reaksi yang berlangsung adalah :



Dalam proses sol-gel terdapat dua metoda yaitu : metoda alkoksida dan metoda koloid. Metoda alkoksida merupakan metoda sol-gel yang menggunakan logam alkoksida sebagai prekursor, sedangkan pada metoda koloid adalah metoda sol-gel yang menggunakan selain logam alkoksida sebagai prekursor, misalnya nitrat, karboksilat, asetil asetonat dan klorida (Emriadi, 2006).

1. Tahap-Tahap Proses Sol-Gel

Beberapa tahap dalam proses sol-gel yaitu: (1) *Mixing*, dimana suspensi serbuk koloid terjadi dengan pencampuran secara mekanik pada pH yang mencegah pengendapan, (2) *Gelasi*, saat terjadi jaringan tiga dimensi antara partikel koloid dengan spesies silica disebut waktu gelasi, (3) *Aging*, dipengaruhi oleh temperature dan pH, (4) *Drying*, merupakan penghilangan cairan dari jaringan berpori yang saling berhubungan, (5) *Stabilisasi* kimia, bertujuan untuk memperkuat gel melalui pengurangan konsentrasi pada permukaan, (6) *Densifikasi* atau kalsinasi, merupakan suatu proses pemanasan gel berpori pada temperatur tinggi, temperature kalsinasi tergantung pada dimensi jaringan berpori serta hubungan pori dan luas permukaan (Sariyusriati, 2008).

2. Kelebihan dan Kekurangan Proses Sol Gel

Pada proses sol-gel ada beberapa kelebihan dan kekurangan dari proses lain yaitu: (1) kelebihan proses sol-gel antara lain: kehomogenan yang lebih baik, kemurnian yang tinggi, suhu pengerjaan relative rendah, tidak terjadi reaksi dengan senyawa sisa, kehilangan bahan akibat penguapan dapat diperkecil, dan mengurangi pencemaran udara. (2) kekurangan menggunakan proses sol-gel antara lain: bahan mentah mahal, penyusutan yang besar selama proses pengeringan, menggunakan pelarut organik yang berbahaya bagi kesehatan dan memerlukan waktu pemrosesan yang lama (Dian, 2011).

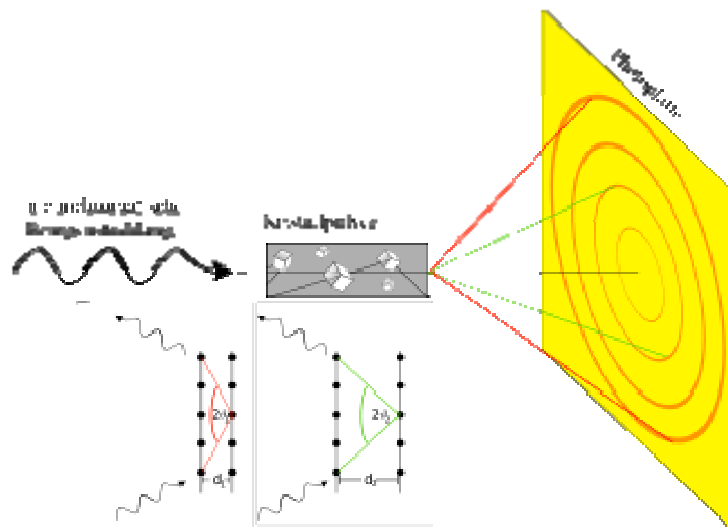
3. Aplikasi Proses Sol Gel

Proses sol-gel telah berhasil dikembangkan dalam berbagai industri kaca dan keramik (Dian, 2011). Secara khusus aplikasi dari proses sol-gel pada bidang industri adalah: pembuatan kaca, pembuatan keramik yang bersifat bioaktif, pembuatan keramik sebagai pelapis, pembuatan komposit organik-anorganik, pendukung semikonduktor dan pembuatan material optik aktif (Sariyusriati, 2008).

D. Karakterisasi

1. X-Ray Diffraction (XRD)

Salah satu teknik yang digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan kristalin adalah metode difraksi sinar-X serbuk (*X-ray powder diffraction*) seperti terlihat pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Prinsip Kerja X-Ray Diffraction (XRD) (Sumber: Jamaluddin, 2010).

Sampel berupa serbuk padatan kristalin yang memiliki ukuran kecil dengan diameter butiran kristalnya sekitar $10^{-7} - 10^{-4}$ m ditempatkan pada suatu plat kaca. Sinar-X diperoleh dari elektron yang keluar dari filamen panas dalam keadaan vakum pada tegangan tinggi, dengan kecepatan tinggi menumbuk permukaan logam, biasanya tembaga (Cu) (Jamaluddin, 2010).

Sinar-X tersebut menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Sampel serbuk atau padatan kristalin memiliki bidang-bidang kisi yang

tersusun secara acak. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi sudut tertentu, sehingga difraksi sinar-X memenuhi Hukum Bragg : $n \lambda = 2 d \sin \theta$ dengan ; n : orde difraksi (1,2,3,...), λ : Panjang sinar-X, d : Jarak kisi dan θ : Sudut difraksi.

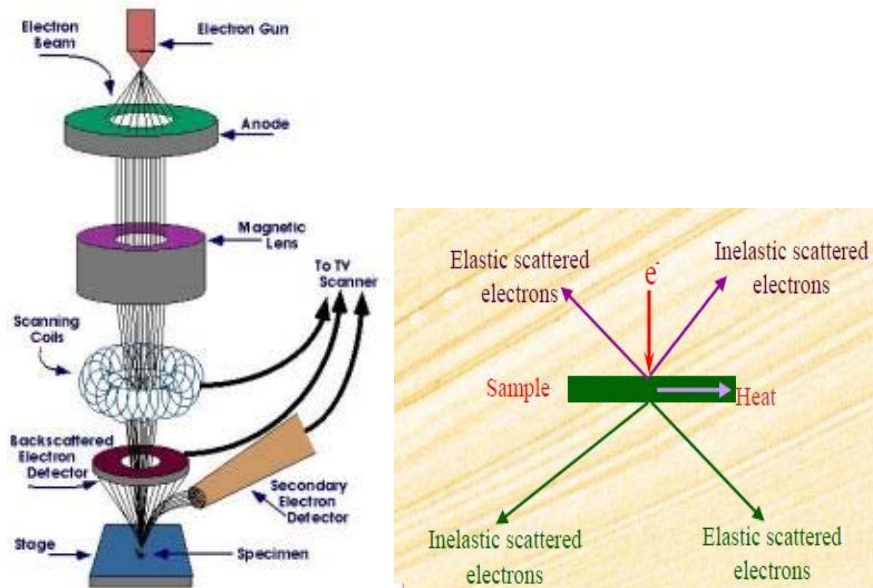
Bentuk keluaran dari difraktometer berupa grafik garis-garis yang terekam. Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut (Jamaluddin, 2010).

Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter dan panjang gelombang sinar-X yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda (Jamaluddin, 2010).

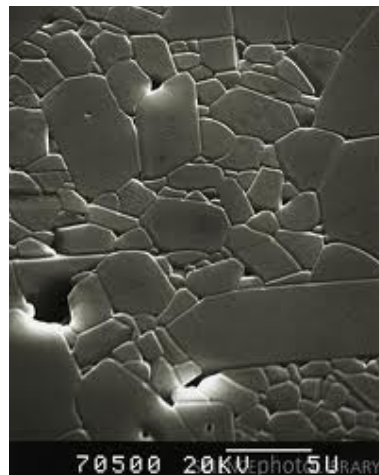
2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan dari sampel padat (Sibilia, 1996). Dimana, pada prinsipnya berdasarkan sinar elektron yang difokuskan dengan lensa elektromagnetik pada permukaan sampel (Wikipedia, 2010). Sinar akan sampai pada seluruh permukaan sampel yang akan diseratakan dengan sinar katoda yang ditunjukkan pada layar. Emisi elektron dari sampel

digunakan untuk mengatur keterangan dari sinar katoda yang ditunjukkan sehingga akan menghasilkan bayangan sampel (Sibilia, 1996).



Gambar 14. Prinsip kerja scanning electron microscopy (SEM) (Sumber: Wikipedia, 2012).



Gambar 15. Contoh analisa SEM dari keramik alumina (Sumber: Wikipedia, 2012).

3. Kapasitas Kapasitor

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron dan dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C”. Kapasitas kapasitor adalah muatan yang tersimpan dalam kapasitor ketika di hubungkan dengan sumber tegangan (misal baterai atau sumber tegangan yang lain) (Anas, 2009). Kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik (Riza, 2011). Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867). Satuan kapasitor disebut Farad (F).

Untuk mengukur besarnya nilai kapasitas dari keramik $\text{Al}_2\text{O}_3.\text{MnO}_2.\text{SiO}_2$ digunakan alat LCR meter yaitu peralatan tes elektronik yang digunakan untuk mengukur *induktan*, *kapasitan*, dan *resisten* dari komponen. Bentuk LCR meter dapat dilihat pada **Gambar 16**.



Gambar 16. LCR meter (Sumber: Lahan Riza, 2011).

Fungsi penggunaan kapasitor dalam suatu rangkaian yaitu:

1. Sebagai kopling antara rangkaian yang satu dengan rangkaian yang lain (pada PS = *Power Supply*)
2. Sebagai filter dalam rangkaian PS
3. Sebagai pembangkit frekuensi dalam rangkaian antena
4. Untuk menghemat daya listrik pada lampu neon
5. Menghilangkan bouncing (loncatan api) bila dipasang pada saklar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ dapat disintesis dengan metoda sol-gel dengan prekursor yang digunakan adalah TEOS sebagai silika, aluminium nitrat ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3\cdot 9\text{H}_2\text{O}$) dan mangan nitrat ($\text{Mn}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
2. Temperatur kalsinasi sangat berpengaruh terhadap hasil sintesis keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$. Terlihat dari hasil analisa XRD terhadap keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ pada temperatur 900°C yang dihasilkan terlihat puncak tajam tetapi hanya sedikit fasa yang terlihat, ini menunjukkan keramik sudah bersifat kristalin. Sedangkan pada temperatur 1000 dan 1100°C puncak terlihat sangat kuat dan fasa yang terlihat juga banyak. Kalsinasi pada temperatur 1200°C dimana pada suhu ini keramik meleleh.
3. Analisis menggunakan data ICDS 50621, diperoleh struktur keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ berbentuk garnet.

4. Morfologi SEM menunjukkan bahwa keramik sudah homogen secara mikro terlihat dari gumpalan-gumpalan partikel keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ yang merata. Hal ini menunjukkan bahwa kristal yang sempurna terbentuk pada keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ pada temperatur kalsinasi 1100°C .
5. Dari pengukuran kapasitas³⁷ kapasitor keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$ semakin tinggi suhu kalsinasi maka nilai kapasitas semakin tinggi. Bila dihubungkan dengan hasil analisa XRD keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$, derajat kristalnya semakin baik dilihat banyaknya puncak yang dihasilkan mengakibatkan nilai kapasitansi makin tinggi.

B. Saran

Penelitian ini masih terbatas maka disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut seperti melihat sifat fisika seperti konstanta dielektrik, kekerasan, dan lain-lain dari keramik $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{MnO}_2\cdot\text{SiO}_2$.

DAFTAR PUSTAKA

- Amran, Ali. (1995). "Sol-Gel Glass For Glass Formation. Makalah Seminar dan Lokakarya". IKIP. Padang.
- Anas, Januar. (2009). "Pengerian Kapasitor". Diakses pada 21 Maret 2013
- Dian. (2011). "Jenis Kaca Dan Aplikasinya". Universitas Mercubuana. Jakarta
- Emell. (2011). "Struktur Kristal Senyawa Ionik". Diakses pada 3 Oktober 2012
- Farida, Farah. (2005). "Industri Keramik". Erlangga. Jakarta.
- Feriyuanar, Johan. (2012). "Pengetahuan Tentang Keramik". Blogspot.com
- Goesmul. (2012). "Pengertian dan Cara Padang tentang Keramik". Blogspot.com
- Heimann, Robert.B. (2010). "Classic and Advance Ceramics". From Fundamental to Applications.
- Higgins, Raimond. A. (1998). The Properties of Engineering Material. 2nd Edition. Edward Arrol: London
- http://wikipedia.org/komponenelektronika.net/jenis-jenis_kapasitor.htm. Diakses pada 9 Oktober 2012
- <http://fiqrotul.wordpress.com/karakteristik-struktur-dan-sifat-keramik>. Diakses pada 20 September 2012
- Inra, Sumahamijaya. (2009). "Pembuatan Keramik Industri". Ceramics Microsoft® Student.
- Ismunandar. (2004). "Keramik dan karakteristiknya". Institut Teknologi Bandung: Bandung
- Jamaluddin, K. (2010). "Makalah Fisika Material X-RD (*X-Ray Diffractions*)". Universitas Haluelo. Kendari.