



**TUGAS AKHIR - SF141501**

**Sintering Material  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  Variasi  
Penambahan  $V_2O_5$  Dengan Metode Reaksi Padat**

**Riska Ainun Nisa**

**NRP. 1111100029**

**Dosen Pembimbing:**

**Prof. Dr. Suasmoro, DEA**

**JURUSAN FISIKA**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2015**



**FINAL PROJECT - SF141501**

**SINTERING OF MATERIAL  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  WITH  
ADDOPED VARIATION  $V_2O_5$  USING SOLID STATE  
REACTION METHODE**

**Riska Ainun Nisa**

**NRP 1111100029**

**Advisor**

**Prof. Dr. Suasromo, DEA**

**Departement of Physics**

**Faculty of Mathematics and natural Sciences**

**Institute of Technology Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

# SINTERING MATERIAL $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$ VARIASI PENAMBAHAN $V_2O_5$ DENGAN METODE REAKSI PADAT

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Bidang Material  
Program Studi S-1 Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Riska Ainun Nisa**  
**NRP 1111 100 029**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

**Prof. Dr. Suasmo, DEA**



Surabaya  
Juli 2015

## ABSTRAK

Telah dilakukan percobaan pembuatan keramik Zinc Titanate ( $\text{ZnTiO}_3$ ) dengan menambahkan dopan  $\text{V}_2\text{O}_5$  sebagai bahan cair yang berfungsi untuk menurunkan suhu sintering samapai suhu dibawah  $1000^\circ\text{C}$ . Pembuatan bahan keramik  $\text{ZnTiO}_3$  dilakukan dengan metode reaksi padat (Solid State). Proses pencampuran bahan menggunakan ballmill. Selanjutnya sampel tersebut di kalsinasi pada suhu  $850^\circ\text{C}$  dengan waktu penahanan 2 jam, dicetak menjadi pelet disk dan disinter pada suhu  $1000^\circ\text{C}$ ,  $1100^\circ\text{C}$  selama 4h dan 8h dan pada suhu  $900^\circ\text{C}$  selama 24h. Dari data keseluruhan, variasi waktu sintering tidak menunjukkan perubahan nilai densitas yang mencolok. Namun variasi penambahan zat aditif  $\text{V}_2\text{O}_5$  menunjukkan bahwa semakin banyak  $\text{V}_2\text{O}_5$  yang ditambahkan kedalam material, menghasilkan nilai densitas semakin tinggi. Namun sampel dengan variasi suhu  $900^\circ\text{C}$  memiliki nilai densifikasi yang paling baik karena waktu penahanan yang paling lama yaitu 24h. Material yang memiliki waktu penahanan yang paling lama dan densitas paling besar yang memiliki konstanta dielektrik yang paling baik. Didapatkan nilai konstanta dielektrik untuk masing masing sampel ZMT3  $900^\circ\text{C}$  murni, 1%24h, 2%24h, dan 4%24h berturut-turut yaitu memiliki nilai permitivitas relativitas ( $\epsilon_r$ ) sebesar 14,5; 23,8; 23,4; 26,8. Hal ini dapat terjadi, diduga karena dengan keadaan sampel yang mempunyai densitas tinggi maka didalamnya hanya terdapat sedikit close pore. Variasi komposisi dan ukuran partikel berpengaruh pada kekuatan dielektrik, dielektrik loss, densitas dan porositas semakin kecil ukuran partikel maka kekuatan dielektrik semakin tinggi dan rugi dielektrik semakin rendah.

**Kata kunci:** densitas, dielektrik, komposisi, zinc titanate.

## ABSTRACT

Experiment on ceramic Zinc Titanate ( $\text{ZnTiO}_3$ ) manufacture has been conducted by adding dopants  $\text{V}_2\text{O}_5$  as liquid material to lower sintering temperature below  $1000^\circ\text{C}$ . Production of ceramic  $\text{ZnTiO}_3$  is done with solid reaction method (SolidS). Material mixing process use Ballmill with rotary frequency of 250rpm for 4 hours. The sample is calcined at  $850^\circ\text{C}$  with 2 hours holding time, molded into a disc pellets and sintered at  $1000^\circ\text{C}$ ,  $1100^\circ\text{C}$  for 4 hours and 8 hours, and at  $900^\circ\text{C}$  temperature for 24 hours. From the entire data, this research shows that sintering time variation has no flashy changes in density values. However, addition of additives  $\text{V}_2\text{O}_5$  variation shows that the more  $\text{V}_2\text{O}_5$  were added to the material, the higher density values became. But samples with variations in temperature of  $900^\circ\text{C}$  has the best densification value because it has the longest holding time, which is 24 hours. In this synthesis material, material that has the longest holding time and the highest density is material which has the best dielectric constant. Dielectric constant values obtained for each sample ZMT3 pure  $900^\circ\text{C}$ , 1% 24h, 24h 2% and 4% respectively 24h which has a value of relativity permittivity ( $\epsilon_r$ ) of 14.5; 23.8; 23.4; 26.8. This is happen presumably due to the circumstances that have a high density samples, then there are only a little close pore which can cause a reduction in long polarization so that the value of the dielectric constant is also high. Variation of composition and particle size effect on dielectric strength, dielectric loss and density and the smaller particle size, the higher the dielectric strength and the lower dielectric loss become.

***Keywords : density, dielectric, composition, zinc titanate***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) jurusan Fisika FMIPA ITS Surabaya dengan judul **“SINTERING MATERIAL  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  VARIASI PENAMBAHAN  $V_2O_5$  DENGAN METODE REAKSI PADAT”**

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Suasmoro, DEA selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Prof. Suminar Pratapa dan Dr. M. Zainuri, M.Si selaku dosen penguji atas saran, kritik, masukan dan arahnya sehingga memperluas wawasan penulis
3. Dr. Yono Hadi Pramono, selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan saran dan motivasi kepada penulis selama kuliah hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar di Jurusan Fisika FMIPA ITS, terimakasih atas pendidikan, ilmu pengetahuan dan motivasi yang telah diberikan.
5. Ayah (Alm), Ibu, dan kedelapan saudara saya, Terimakasih atas semangat dan do'a yang telah diberikan kepada penulis selama ini. Keluarga sebagai motivasi terbesar penulis untuk meraih gelar sarjana ini.
6. Teman seperjuangan mahasiswa Fisika angkatan 2011.
7. Teman laboratorium fisika keramik angkatan 2011 Maya, Childa, Amal, Yume, Fitri, Setiawan, yang senantiasa mendampingi eksperimen dan membantu selama 1 tahun

serta rekan-rekan satu grup Ersya Desmelinda, Anthon Toim, Rizqi Noviani, Budiana, Dian Agustinawati, Farah Aulia, Ibu Frida, Bapak Imam Rofi'i dan grup mahasiswa angkatan 2012.

8. Nazilah, Diani Wahyuningrum, Emilia Yulisita, Norul Fajariyah dan Mutiara Annisa teman kost yang selama ini hidup dalam suka cita selama hampir 4 tahun.
9. Humaatul Islam, Filza Amalina dan Afida Kholifatunnisa sebagai patner terbaik selama penulis menyelesaikan kuliah di Fisika ITS.
10. Afina, Arya Darmansyah, sebagai sahabat yang selalu memberi dukungan bagi penulis hingga saat ini.
11. Segenap pihak yang berkontribusi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis berharap akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga penelitian ini bermanfaat serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk perkembangan lebih lanjut.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II .....	5
LANDASAN TEORI .....	5
2.1. Bahan Dielektrik.....	5
2.2. Zinc Titanat ( $ZnTiO_3$ ).....	6
2.3. Solid State Reaction .....	8
2.4. Sintering (Sinter) .....	9
2.5. Karakterisasi Material.....	12
BAB III.....	17
METODE PENELITIAN .....	17
3.1. Material.....	17



3.2.	Alat dan Bahan .....	17
3.3.	Metode Sintesis .....	18
3.4.	Metode Karakterisasi.....	20
BAB IV .....		23
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1.	Sintesis Fasa Tunggal $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$ .....	23
4.2.	Densifikasi.....	25
4.3.	Kajian Penyusutan dengan Penambahan $V_2O_5$ .....	30
4.4.	Karakteristik Struktur Mikro Scanning Electron Microscopy (SEM).....	34
4.5.	Sifat Dielektrik .....	35
BAB V .....		43
KESIMPULAN .....		43
5.1.	Kesimpulan.....	43
4.2.	SARAN .....	44
DAFTAR PUSTAKA.....		45
LAMPIRAN A .....		47
Pola Hasil Penghalusan dengan Menggunakan <i>Rietica</i> .....		53

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Densitas dan Porositas Suhu 900°C .....	26
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Densitas dan Porositas Suhu 1000°C .....	26
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Densitas dan Porositas Suhu 1100°C	26
Tabel 4. 4 Analisa Rietveld sintering suhu 900.....	32
Tabel 4. 5 Rekap data uji listrik pada variasi berat $V_2O_5$ .....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram fasa ZnO-TiO <sub>2</sub> (F.H. Dulin et al, 1960).....	7
Gambar 2. 2 (a) Struktur ZnTiO <sub>3</sub> (b) Struktur rutil TiO <sub>2</sub> .....	7
Gambar 2. 3 Sketsa model dua bola ideal perbandingan struktur mikro dari (a) Sintering fasa padat (b) Sintering fasa cair (Rahaman, 2003) .....	10
Gambar 2. 4 Skema evolusi padatan selama sintering fasa cair (Rahman, 2003) .....	11
Gambar 2. 5 Variasi (a) konstanta dielektrik ( $\epsilon'$ ) dan (b) dielektrik loss ( $\epsilon''$ ) terhadap frekuensi (Barsoum, 2003) .....	15
Gambar 2. 6 Pengembangan polarisasi oleh proses difusi lambat Pa dan Pi adalah polarisasi atom dan ion yang seketika merespon frekuensi yang sangat tinggi ( $\infty$ ) .....	16
Gambar 3. 1 Diagram alir sintesis ZMT .....	19
Gambar 4. 1 Pola difraksi sinar-x dari sampel ZMT3 yang telah dikalsinasi .....	24
Gambar 4. 2 pola difraksi sinar-x sampel ZMT3+ V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dengan suhu sinter 900°C selama 24 jam .....	30
Gambar 4. 3 pola difraksi sinar-x sampel ZMT3+ V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> dengan suhu sinter 1000°C .....	32
Gambar 4. 4 Hasil pengamatan struktur mikro menggunakan uji SEM untuk sampel ZMT3 murni dan ZMT3 4%24h .....	34
Gambar 4. 5 Hubungan antara permitivitas real ( $\epsilon_r$ ) terhadap frekuensi pada suhu 900°C .....	36
Gambar 4. 6 Hubungan antara permitivitas dielektrik ( $\epsilon'$ ) terhadap frekuensi pada suhu 900°C .....	38

Gambar 4. 7 Hubungan antara permitivitas imajiner ( $\epsilon''$ ) terhadap frekuensi pada suhu $900^{\circ}\text{C}$ .....	39
Gambar 4. 8 Hubungan antara faktor disipasi ( $\tan \delta$ ) terhadap frekuensi pada suhu $900^{\circ}\text{C}$ .....	40

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan penggunaan bahan keramik sangat signifikan karena bahan keramik merupakan material yang memiliki karakteristik kapasitas panas yang baik, konduktivitas panas rendah, tahan korosi, sifat listriknya dapat insulator, semikonduktor, sifat magnetiknya dapat magnetik dan non-magnetik, sifat mekaniknya keras dan kuat yang memungkinkan digunakan untuk beberapa aplikasi elektronika lainnya (Ismunanandar 2008). Salah satu material keramik yang menarik adalah Zinc Titanate ( $\text{ZnTiO}_3$ ) yang dimanfaatkan sebagai chip kapasitor kompensasi temperatur, resonator, filter, antena komunikasi, radar dan satelit *broadcasting*

$\text{ZnTiO}_3$  merupakan salah satu contoh bahan keramik yang memiliki aplikasi yang sangat luas karena memiliki konstanta dielektrik yang tinggi (Tang et al., 2010). Beberapa metode yang dilakukan untuk menghasilkan  $\text{ZnTiO}_3$  salah satunya adalah *solid state reaction method*. Para peneliti berhasil mensintesis  $\text{ZnTiO}_3$  dalam bentuk serbuk maupun padatan pada suhu yang relatif tinggi yaitu  $1000^\circ\text{C}$ .

Pencampuran larutan merupakan suatu metode pencampuran larutan prekursor logam yang diikuti dengan kalsinasi pada temperatur tertentu untuk mendapatkan senyawa oksida dari unsur penyusunnya. Beberapa penelitian sudah menggunakan metode pencampuran larutan seperti yang dilakukan oleh Ming-Liang Hsieh pada tahun 2008 dengan komposisi  $(\text{Zn}_x \text{Mg}_{1-x})\text{TiO}_3$  ( $x = 0, 0.1$  and  $0.2$ ). Dari penelitian tersebut terbukti metode pencampuran larutan lebih efisien dengan menghasilkan suhu sinter yang rendah dan tingkat kemurnian yang tinggi.

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis  $\text{ZnTiO}_3$  dengan dopan Mg menggunakan metode *solid state reaction*. Prekursor yang dihasilkan akan dikalsinasi pada suhu  $850^\circ\text{C}$  sehingga

menghasilkan serbuk larutan  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  berukuran nanokristal dengan kemurnian yang tinggi. Lalu  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  yang telah dikalsinasi akan didoping dengan  $V_2O_5$  untuk mengetahui sifat listrik. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan beberapa pengujian yaitu Differential Scanning Calorimeter-Thermal Gravimetric Analyzer (DSC-TGA), X-Ray Diffractometer (XRD) dan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak Match dan reitica yang bertujuan untuk identifikasi fasa dan komposisi fasa yang terbentuk di dalam sampel dan pengujian SEM

## 1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana sintesis sampel  $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ) hingga terbentuk single phase.
2. Bagaimana densifikasi, densitas dan porositas  $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ) dengan penambahan 1wt%, 2wt% dan 4wt%  $V_2O_5$  pada berbagai suhu sintering.
3. Bagaimana perkembangan ukuran butir pada berbagai suhu sintering dengan menambahkan 1wt%, 2wt% dan 4 wt%  $V_2O_5$   $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ )
4. Bagaimana stuktur mikro akibat penambahan 1wt%, 2wt% dan 4wt%  $V_2O_5$  pada sampel  $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ) dengan berbagai suhu sintering.
5. Bagaimana sifat listrik yang dihasilkan sampel sampel  $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ) dengan penambahan 1wt%, 2wt% dan 4wt%  $V_2O_5$ .

## 1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan:

1. Membuat sampel  $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ) dengan penambahan 1wt%, 2wt% dan 4wt%  $V_2O_5$ .

2. Mengamati proses densifikasi sampel  $Mg_{1-x}Zn_xTiO_3$  ( $x=0,9$ )  $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ) dengan penambahan 1wt%, 2wt% dan 4wt%  $V_2O_5$ .
3. Menghitung densitas dan porositas  $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ) dengan penambahan 1wt%, 2wt% dan 4wt%  $V_2O_5$  pada berbagai suhu sintering pada daerah penyusutan.
4. Mempelajari perkembangan ukuran butir pada berbagai suhu sintering dengan menambahkan 1 wt%, 2 wt% dan 4 wt%  $V_2O_5$   $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ).
5. Mempelajari struktur mikro akibat penambahan  $Zn_xMg_{1-x}TiO_3$  ( $x=0,9$ ) dan 4wt%  $V_2O_5$  pada sampel dengan berbagai suhu sintering.
6. Melakukan karakterisasi sifat listrik, khususnya dielektrisitas dan suhu *curie* dari material yang disintesis.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah untuk memberikan informasi tentang penurunan suhu sintering pada bahan  $ZnTiO_3$  dengan menggunakan variasi doping  $V_2O_5$  dan dapat menghasilkan material yang ramah lingkungan dengan sifat listrik yang baik sehingga dapat digunakan sebagai material alternatif pada berbagai aplikasi elektronik.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Bahan Dielektrik**

Bahan dielektrik adalah bahan yang tidak memiliki elektron bebas karena adanya ikatan yang kuat antara elektron-elektron dan intinya. Oleh karena itu bahan dielektrik dapat memisahkan dua konduktor listrik tanpa ada aliran listrik diantaranya. Polarisasi elektronik akan terjadi jika elektron dan proton bergeser posisinya karena adanya medan listrik. Medan tersebut timbul oleh sumber arus bolak-balik sehingga muatan akan bergeser bolak-balik mengikuti frekuensi medan listrik. Muatan listrik positif dan negatif yang semula berimpit menjadi terpisah sehingga terbentuk dipole. Pemisahan muatan ini berlangsung sampai terjadi keseimbangan dengan medan listrik yang menyebabkannya. Polarisasi ionik terjadi akibat pergeseran ion negatif dan positif terhadap elektroda positif dan negatif serta disebabkan juga oleh medan listrik luar. Polarisasi jenis ini hanya terjadi pada molekul-molekul dengan ikatan ionik. Sedangkan polarisasi dipolar terjadi jika molekul polar berada dalam medan listrik. Polarisasi ini permanen karena merupakan bagian dari struktur molekul (Astutik P., 2011)

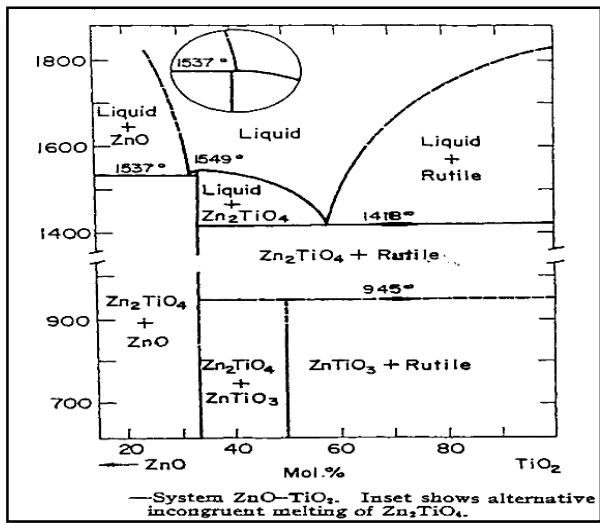
Bahan dielektrik dengan konstanta dielektrik dan faktor kualitas relatif tinggi, dan koefisien temperatur ( $\tau_f$ ) mendekati nol dibutuhkan untuk peralatan microwave. Dari penelitian yang dilakukan oleh Ming-Liang Hsieh pada tahun 2007,  $ZnTiO_3$  memiliki permitivitas ( $\epsilon_r$ ) 19, nilai  $Q \times f$  3000 pada 10 GHz, dan koefisien suhu frekuensi resonansi ( $\tau_f$ ) -55 ppm / °C.  $ZnTiO_3$  memiliki sifat dielektrik yang dibutuhkan bahan resonator ideal untuk berbagai aplikasi elektronik. Bahan dielektrik yang sering digunakan untuk berbagai aplikasi elektronik seperti resonator, transformator daya, generator dan peralatan elektronik lainnya. Bahan dielektrik juga digunakan pada kabel dan kapasitor

## 2.2. Zinc Titanat ( $\text{ZnTiO}_3$ )

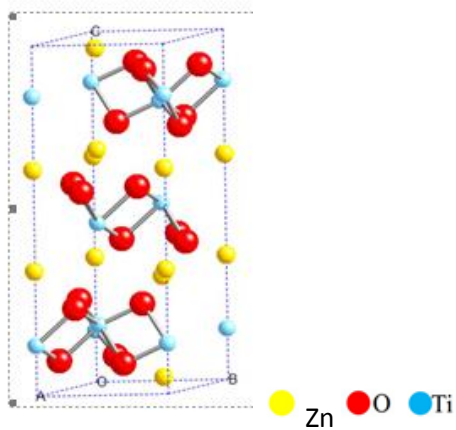
$\text{ZnTiO}_3$  merupakan salah satu fasa Zinc Titanat yang berstruktur *Ilmenite*.  $\text{ZnTiO}_3$  (heksagonal),  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$  (kubik),  $\text{Zn}_2\text{Ti}_3\text{O}_8$  (kubik) merupakan tiga senyawa yang ada dalam sistem  $\text{ZnO-TiO}_2$ .  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$  merupakan bentuk suhu rendah  $\text{ZnTiO}_3$  yang ada dibawah suhu  $820^\circ\text{C}$ , sedangkan dekomposisi  $\text{ZnTiO}_3$  ke  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$  dan  $\text{TiO}_2$  (rutil) berada pada suhu sekitar  $945^\circ\text{C}$ . Namun, Kim et al (1998). menemukan bahwa suhu dekomposisi  $\text{ZnTiO}_3$  fasa bervariasi dengan menambahkan doping.

$\text{ZnTiO}_3$  memiliki nama mineral *Ecandrewsite* dengan space group R-3 (148) dengan sistem kristal hexagonal. Parameter kisi dari  $\text{ZnTiO}_3$  masing-masing  $a = b = 5,0787 \text{ \AA}$ ,  $c = 13,898 \text{ \AA}$ .  $\text{ZnTiO}_3$  memiliki konstanta dielektrik  $\epsilon_r \sim 19$ , koefisien temperature  $\tau_f$  rendah dan mendekati nol, dan nilai factor quality  $Q_f \sim 3.000$  pada frekuensi 10 Ghz (Ming-Liang, et al.2007).

Beberapa sintesis  $\text{ZnTiO}_3$  yang telah dilakukan diantaranya metode sol-gel (Liqiu Wang, *et al.*, 2008; You-Hua Yu, *et al.*, 2011), metode solid state reaction (Yuh-Ruey, *et al.*, 2004; Ming-Liang, *et al.*, 2007). Sintesis dalam orde nano dapat dihasilkan melalui metode sol-gel dan metode solid state reaction.



**Gambar 2. 1** Diagram fasa ZnO-TiO<sub>2</sub> (F.H. Dulin et al, 1960)



**Gambar 2. 2 (a)** Struktur ZnTiO<sub>3</sub>

### 2.3. Solid State Reaction

Sintesis material dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti metode reaksi padat, *sol gel*, *molten salt*, dan hidrotermal. Dalam penelitian menggunakan metode reaksi padat karena reaksi padat (*Solid State Reaction*) adalah tahapan yang paling banyak digunakan karena tahapan yang digunakan tidak terlalu rumit. *Solid State Reaction* merupakan salah satu metode pencampuran serbuk dalam bentuk padatan. Proses pencampuran ini menggunakan *ballmill* yang berfungsi untuk mencampur dan menggiling serbuk. Ada 2 metode pencampuran serbuk yaitu pencampuran basah (*wet mixing*) dan pencampuran kering (*dry mixing*). Pencampuran basah dilakukan dengan media pelarut yang bertujuan untuk mempengaruhi udara luar. Sedangkan pencampuran kering merupakan pencampuran yang dilakukan di udara terbuka tanpa menggunakan larutan untuk membantu melarutkannya. Selain itu dalam proses penggilingan, lama penggilingan juga berpengaruh terhadap tingkat homogenitas dan kehalusan serbuk. Pada proses *ball mill* dapat memberikan *impact* yang besar pada sampel karena akselerasi yang tinggi antara bola yang digunakan sebagai penggiling dengan sampel (Schilz,1998). Karena pada umumnya reaksi padatan merupakan reaksi eksotermik yang cenderung menyebabkan terjadinya dekomposisi termal dan perubahan fasa.

*Solid solution* merupakan pencampuran homogen yang terjadi antara dua atau lebih atom (logam) yang terjadi pada keadaan padat. Zat yang jumlahnya lebih sedikit di dalam larutan merupakan zat terlarut (*solute*), sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak di dalam larutan disebut zat pelarut (*solvent*). Secara umum terdapat dua jenis *solid solution* yaitu *substitutional solid solutions* dan *interstitial solid solutions*. *Substitutional solid solutions* terjadi jika atom pelarut dalam kisi kristal diganti dengan atom dari logam terlarut. Sedangkan pada *interstitial solid solutions* atom pelarut tidak berpindah ke atom pelarut tetapi masuk ke dalam satu celah diantara atom pelarut (Reddy,2008).

## 2.4. Sintering (Sinter)

Sinter merupakan proses pemanasan pada suhu tinggi pada material keramik yang bertujuan untuk menurunkan energi bebas, menaikkan kohesi antar partikel-partikel penyusun material sehingga terjadi pemadatan melalui eliminasi porositas serta terjadi perubahan ukuran butir (Chiang *et al.*, 1996). Proses sinter menyediakan panas untuk pembentukan awal ikatan dan memperbaiki sifat metrial. Pada proses sinter, partikel-partikel berikatan melalui peristiwa transport atom. Proses utama dalam sinter adalah reduksi volume karena adanya penyusutan poros dan eliminasi.

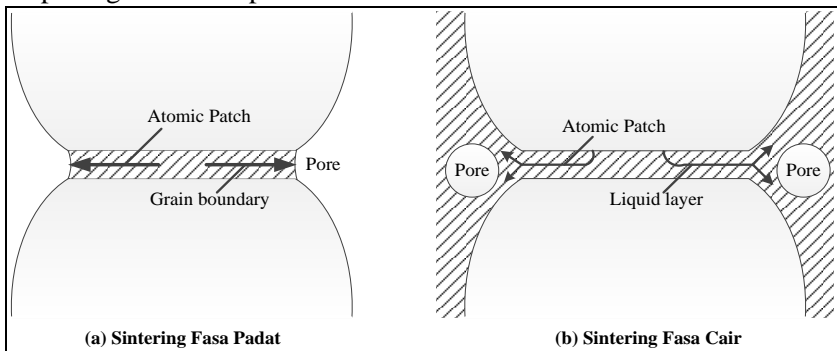
Selama proses sinter berlangsung, energi yang diperlukan untuk menggerakkan pada saat proses sinter berlangsung disebut gaya dorong (*driving force*) yang terdiri dari energi permukaan, energi cacat kristal (*defect*), dan energi tekanan uap. Adanya gaya dorong menyebabkan perpindahan materi (difusi), dengan adanya difusi tersebut maka akan terjadi kontak antar partikel dan membentuk kaitan antar butir (*neck*). Disamping itu terjadi rekonstruksi ukuran partikel yang dapat menghilangkan atau mengurangi pori-pori yang berada diantara partikel.

Berdasarkan kehadiran fasa cair selama proses berlangsung, *sintering* dibedakan menjadi *sintering* fasa padat (*solid phase sintering*) dan *sintering* fasa cair (*liquid phase sintering*) (Boch dan Nièpce, 2007). Berikut adalah perbedaannya:

- Sinter fasa padat merupakan sinter yang diberikan kepada material tanpa kehadiran fasa cair. Proses ini membutuhkan ukuran partikel yang halus (orde micrometer), dan umumnya setelah proses sintering terjadi butir polikristal lebih besar dari bubuk awalnya. Tahapan proses sinter meliputi (1) penyusunan kembali (*rearrangement*) untuk mempertinggi jumlah antar partikel dan pembentukan *neck*. (2) ukuran neck antar bulir tumbuh dan porositasnya menurun, pada tahapan ini butir mulai tumbuh (*grain growth*). (3) eliminasi porositas

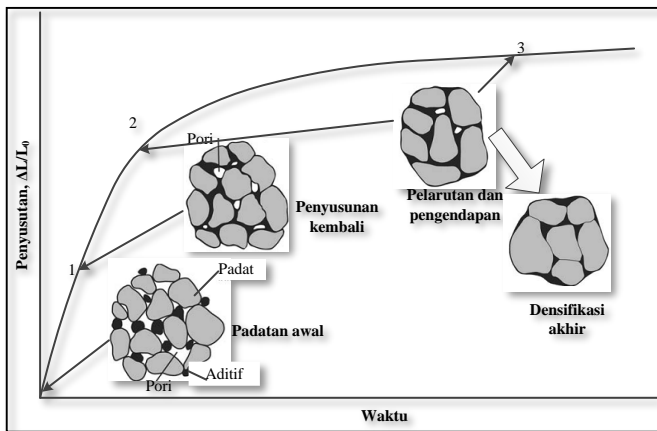
melalui difusi antar butir dan pertumbuhan bulir (Reed, 1995). Pada sintering fasa padat misalnya, difusi batas butir menjadi parameter penting yang mengontrol laju difusi adalah produk dari koefisien difusi batas butir  $D_{gb}$  dan ketebalan batas butir  $\delta_{gb}$ .

- Pada sintering fasa cair menyebabkan peningkatan densifikasi dibandingkan dengan sinter fasa padat melalui (1) penataan partikel-partikel padat dan (2) meningkatkan transportasi materi melalui cairan. Gambar 2.4 menunjukkan sketsa dari model dua bola ideal di mana aspek mikrostruktur sinter fasa cair dibandingkan dengan sinter fasa padat. Dalam sintering fasa cair, fasa cair membasahi dan menyebar untuk menutupi permukaan padat, partikel akan dipisahkan oleh sebuah *liquid bridge*. Gesekan antara partikel berkurang secara signifikan sehingga mereka dapat mengatur ulang lebih mudah akibat adanya tekanan kapilaritas yang diberikan oleh cairan. Dalam fasa cair sintering, yang sesuai parameter adalah koefisien difusi  $D_L$  dari atom terlarut dalam cairan dan ketebalan *liquid bridge*  $\delta_L$ . Karena  $\delta_L$  biasanya sangat banyak lebih besar dari  $\delta_{gb}$  dan difusi melalui cairan jauh lebih cepat daripada dalam padatan, oleh karena itu cairan memberikan jalan untuk peningkatan transportasi materi.



**Gambar 2. 3** Sketsa model dua bola ideal perbandingan struktur mikro dari (a) Sintering fasa padat (b) Sintering fasa cair (Rahaman, 2003)

Sinter fasa cair adalah metode sinter dengan adanya kehadiran fasa cair dengan titik leleh lebih rendah daripada material yang akan disinter. Beberapa parameter yang dapat mempengaruhi proses ini diantaranya kemampuan pembasahan fasa liquid, sudut antara tegangan antarmuka *solid-liquid*, daya larut fasa padat didalam fasa cair, gaya kapiler dan efek gravitasi (Rahaman, 2003). Fasa cair berfungsi sebagai penghubung antar partikel (*liquid bridge*) sehingga proses eliminasi porositas dapat lebih cepat terjadi. Sintering fasa cair memiliki tiga tahapan utama (lihat Gambar 2.5) yaitu penyusunan kembali (*rearrangement*), pelarutan dan pengendapan (*solution and precipitation*) dan penggabungan butir (*coalescence*) (German *et al.*, 2009).



**Gambar 2. 4** Skema evolusi padatan selama sintering fasa cair (Rahman, 2003)

Selama tahap penyusunan kembali, densifikasi berasal dari penyusunan posisi antar partikel bersamaan dengan munculnya fasa cair. Selama tahap pelarutan dan pengendapan, butir-butir berukuran kecil larut ke dalam fasa cair, bermigrasi melalui fasa cair dan kemudian mengendap di permukaan butir berukuran besar, penyusutan dimensional.

Pada tahap penggabungan, butir yang satu bergabung dengan yang lain sehingga terjadi adalah pertumbuhan butir, dalam beberapa kasus tumbuh secara tidak normal, sehingga dalam tahap ini praktis tidak teramati adanya penyusutan.

Sintering fasa cair adalah salah satu metode yang dilakukan untuk menurunkan suhu sinter yaitu dengan cara menambahkan material dengan titik lebih rendah atau dengan kata lain pada saat proses sinter berlangsung zat aditif telah berada dalam keadaan fasa cair. Huang & Wieng (2001) menambahkan 2wt%  $B_2O_3$  pada sampel  $0.95MgTiO_3-0.05CaTiO_3$  mampu menurunkan suhu sinter hingga suhu  $1200^\circ C$  dengan densitas relative 95%, 0.25wt%  $CuO$  juga ditambahkan mampu menurunkan suhu sintering hingga suhu  $1300^\circ C$  dengan densitas relative 95,8% (Huang, *et al.*, 2003). Dalam penelitian ini ditambahkan  $V_2O_5$  yang mempunyai Titik leleh < Titik sinter sebagai fasa cair yang berfungsi untuk menurunkan suhu sinter. Karena memiliki titik leleh sebesar  $690^\circ C$  dan titik didih mencapai  $1750^\circ C$ .

## **2.5. Karakterisasi Material**

### **2.5.1. Analisa Data Difraksi Sinar-X**

Dalam mengkarakterisasi suatu material kita dapat mengetahui pola difraksi yang diperoleh dari difraksi sinar-x berisi sudut  $2\theta$  dan intensitas puncak yang menggambarkan kristalinitas material yang diuji. Dari pola difraksi tersebut dapat diperkirakan ada tidaknya fasa kristal atau amorf. Selanjutnya data pola difraksi tersebut akan dianalisis lebih lanjut secara kualitatif dan kuantitatif untuk menggali informasi-informasi yang terdapat dalam material.

Analisa kualitatif digunakan untuk menentukan fasa apa saja yang terdapat dalam suatu material, biasanya disebut identifikasi fasa. Proses identifikasi fasa didasarkan pada pencocokan data posisi-posisi puncak difraksi terukur (sudut  $2\theta$ ) dengan database fasa-fasa dalam bentuk PDF (*Power Diffraction File*). Langkah-langkah identifikasi fasa dilakukan dengan



menggunakan *X'Pert Graphics* dan *Identify* yang terdiri dari *peak search* (menentukan posisi puncak) dan *search match* (pencocokan terhadap basis data). *Search match* dapat dilakukan dengan cara manual maupun cara berbasis komputer (Pratapa,2004)

Analisis kuantitatif bertujuan untuk mengetahui komposisi dari material yang diuji dengan difraksi sinar-X. Hal ini didasarkan pada intensitas pola difraksi suatu fasa dalam suatu sampel tergantung pada konsentrasi fasa sampel tersebut. Menurut Pratapa (2004) dari analisis tersebut akan menghasilkan tiga karakter utama yang menggambarkan kondisi pengukuran dan sifat-sifat kristal yaitu posisi, tinggi serta lebar dan bentuk puncak. Setelah itu dilakukan analisis lebih lanjut dengan metode Rietveld. Metode ini juga bisa digunakan untuk mengetahui pelebaran puncak dan menentukan parameter kisi yang akurat (Pratapa,2008). Salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk analisis Rietveld adalah *Rietica* yang menggunakan pola difraksi terhitung berdasarkan *database* kristalografi dari data ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*). Hasil dari penghalusan dapat diterima bila memenuhi nilai-nilai dari indeks reabilitas (R) yang terdiri dari Figures of merit (FoM) yaitu R-profile (Rp), R-weighted profile (Rwp), R-expected (Rexp) dan Goodness of fit (GoF). Parameter-parameter tersebut merupakan tolak ukur kesesuaian antara pola difraksi terhitung dengan pola difraksi terukur. Menurut Kisi (1994), bahwa hasil penghalusan menggunakan metode Rietveld telah memenuhi ketentuan jika nilai GoF kurang dari 4% dan plot selisih antara pola terhitung dengan terukur tidak berfluktuasi secara signifikan.

### 2.5.2. SEM

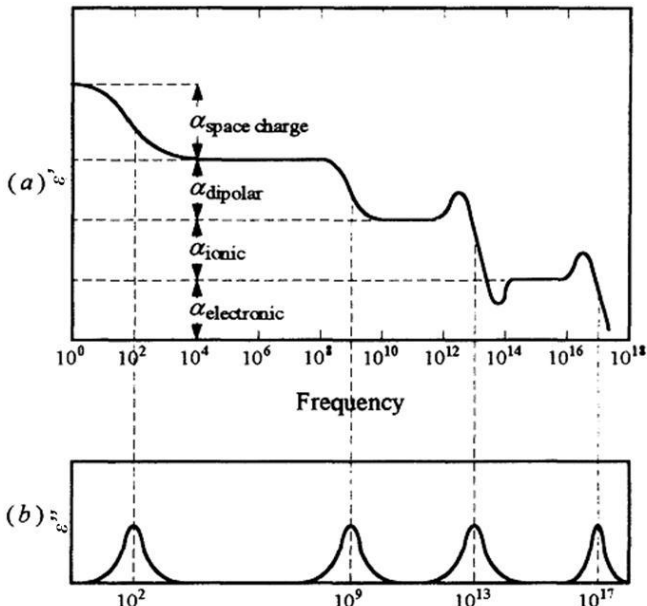
*Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggambarkan spesimen dengan memindainya menggunakan sinar elektron berenergi tinggi dalam *scan* pola raster. Elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga spesimen menghasilkan sinyal yang mengandung

informasi tentang topografi permukaan spesimen, komposisi dan karakterisasi lainnya seperti konduktivitas listrik.

Kajian struktur mikro dilakukan oleh *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur mikro berupa morfologi dan distribusi butir dalam bahan. Gambar SEM juga dapat digunakan untuk memperoleh ukuran butir rata-rata melalui metode pengukuran *cross section*.

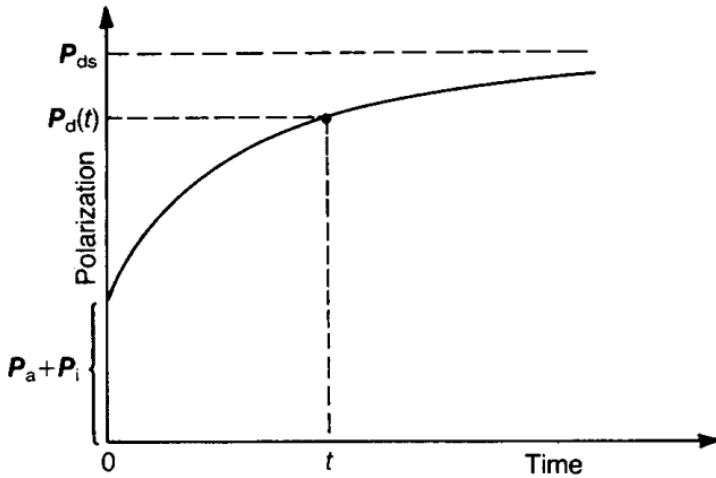
### **2.5.3. Karakterisasi Listrik**

Pada karakterisasi listrik elektron-elektron pada material yang tergolong bahan dielektrik cenderung mempunyai daya ikat sangat kuat sehingga meskipun diberikan medan listrik, elektron bebas tidak akan terbentuk sampai batas tertentu. Kemampuan inilah yang dinamakan sebagai permitivitas bahan dielektrik. Jika material dikenai medan listrik dari luar maka akan terjadi pergeseran muatan negatif melawan arah medan listrik yang diberikan, begitu sebaliknya untuk muatan positif sehingga terbentuk dipol atau peristiwa polarisasi. Peristiwa polarisasi pada bahan dielektrik tergantung dengan besarnya frekuensi yang diterapkan kepadanya. Beberapa kemungkinan polarisasi yang terjadi adalah polarisasi atomik, polarisasi ionik, polarisasi dipolar, dan polarisasi muatan ruang (lihat Gambar 2.7). Pada gambar 2.7(a) menunjukkan suatu respon polarisasi yang terjadi pada bahan dielektrik yang bergantung dengan perubahan frekuensi. Gambar 2.7 (b) menunjukkan puncak-puncak Debye dengan berbagai frekuensi relaksasi untuk masing-masing polarisasi.



**Gambar 2. 5** Variasi (a) konstanta dielektrik ( $\epsilon'$ ) dan (b) dielektrik loss ( $\epsilon''$ ) terhadap frekuensi (Barsoum, 2003)

Ketika bahan dielektrik dikenakan medan listrik yang bergantung terhadap waktu  $E^* = E_0 \exp(j\omega t)$ , maka polarisasi yang terjadi bergantung pada fenomena transien dan peranan frekuensi juga waktu seperti pada Gambar 2.7 berikut.



**Gambar 2. 6** Pengembangan polarisasi oleh proses difusi lambat  $P_a$  dan  $P_i$  adalah polarisasi atom dan ion yang seketika merespon frekuensi yang sangat tinggi ( $\infty$ )

Gambar 2.6 tersebut menunjukkan bagaimana sebuah medan yang diberikan pada material dengan segera menghasilkan polarisasi atomik dan ionik, polarisasi difusi  $P_d$  yang lambat menuju keadaan akhir nilai polarisasi statik  $P_{ds}$ .

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Material**

Material yang akan disintesis adalah bahan keramik ZMT- $V_2O_5$  ( $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$ ) dengan perbandingan persen: 0,9ZMT-0,1 $V_2O_5$ , 0,8ZMT-0,2 $V_2O_5$  dan 0,6ZMT-0,4  $V_2O_5$ .

#### **3.2. Alat dan Bahan**

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah:

1. *Laboratory planetary milling* “Pulverisette 5” (Fritsch GmbH)
2. *Evaporator rotatif* “VV Micro” (Heidolph)
3. Oven (pengering sampel) dan *furnace*
4. Spatula, mortal dan gelas baker
5. Timbangan digital
6. Magnetik *stirrer*
7. Termometer
8. *Crucible* dan plat alumina
9. Cetakan pelet diameter 13 mm

Sedangkan untuk karakterisasi digunakan:

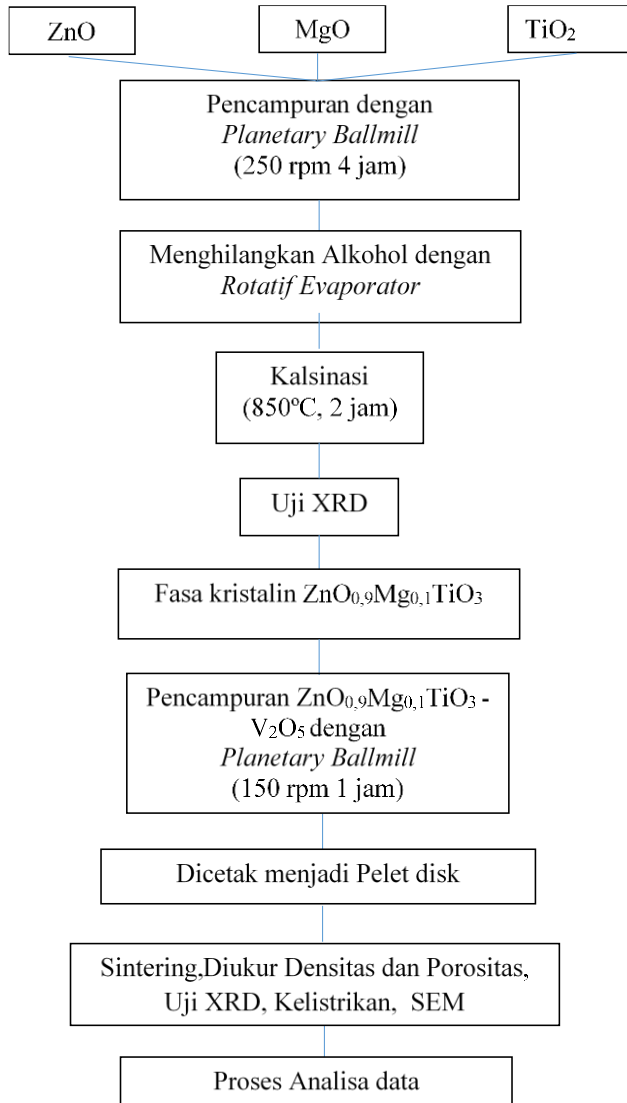
1. *X-Ray Diffractometer* (XRD)
2. *Scanning Electron Microscope* (SEM)
3. *Impedance Analyzer* Solartron

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Zinc Oksida (ZnO) (Merck, >99%)
2. Magnesium oksida (MgO) (Merck, >97%)
3. Titania ( $TiO_2$ ) (Merck, >99%)
4. Vanadium Okside ( $V_2O_5$ ) (Merck, >99%)
5. Akuades
6. Alkohol

### 3.3. Metode Sintesis

Material yang akan disintesis adalah bahan keramik ZMT ( $\text{ZnO}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$ ) dengan perbandingan mol: 0,9ZnO-0,1MgO. Metode yang digunakan untuk menyintesis ZMT adalah metode reaksi padat. Secara lebih rinci dapat dilihat pada diagram alir pada gambar berikut:



**Gambar 3. 1** Diagram alir sintesis ZMT

### 3.4. Metode Karakterisasi

Bahan yang telah disintesis akan dikarakterisasi dengan beberapa metode yaitu:

1. Difraksi sinar-X dilakukan untuk memperoleh pola XRD yang selanjutnya dianalisis untuk mengetahui fasa yang terkandung dalam suatu bahan. Pengujian difraksi sinar-X menggunakan difraktometer tipe *Philips X'Pert MPD (Multi Purpose Diffractometer)* di Laboratorium Difraksi Sinar-X RC (*Research Center*) LPPM ITS Surabaya atau di Laboratorium Teknik Material ITS. Pengukuran dilakukan pada tegangan 40 kV dan arus 30 mA dengan logam target Cu ( $\lambda=1,54056 \text{ \AA}$ ). Analisis fasa dari pola XRD dilakukan dengan menggunakan program *Match!*. Dari data XRD juga dapat diperoleh parameter kisi bahan yang dilakukan melalui penghalusan pola terhitung dan terukur menggunakan program *Rietica* yang berbasis metode Rietveld.
2. Pengukuran densitas dilakukan dengan menggunakan metode Archimedes yaitu dengan mengukur massa kering, massa basah dan massa di dalam air dari pelet sampel. Nilai densitas sampel  $\rho$  dihitung dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m_k}{m_b - m_a} \times \rho_a \quad (3.1)$$

dengan  $m_k$  adalah massa sampel saat kering,  $m_b$  adalah massa sampel saat basah,  $m_a$  adalah massa sampel saat berada di dalam air dan  $\rho_a$  adalah massa jenis air.

3. Kajian struktur mikro bahan dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi dan distribusi butir di dalam bahan. Hasil SEM juga digunakan untuk memperoleh ukuran butir rerata melalui metode pengukuran *cross section*.
4. Karakterisasi listrik dilakukan dengan menggunakan alat *Impedance Analyzer* Solartron. Penyiapan sampel sebelum karakterisasi listrik:



- a. Sampel pelet dilapisi dengan pasta perak lalu dikeringkan sebagai elektroda dan dipanaskan untuk menghilangkan koloid toluena yang digunakan sebagai pengencer pasta perak.
- b. Pelet yang telah dipasangkan elektroda pada kedua sisinya diletakkan di dalam furnace dan kedua ujung elektroda dihubungkan dengan *Impedance Analyzer* Solartron. Sehingga di dapatkan data keluaran sebagai berikut:
  - a. Kapasitansi ( $C$ )
  - b. Impedansi real ( $Z$ )
  - c. Impedansi kompleks ( $Z^*$ )
  - d. Konstanta dielektrik ( $k$ )
  - e. Faktor disipasi ( $\tan \delta$ )Dari pengolahan data keluaran selanjutnya akan diperoleh:
  - a. Suhu curie (dari plot  $k$  dan  $T$ )  
Permitivitas bernilai maksimal saat suhu mendekati suhu curie
  - b. Konduktivitas listrik  $\sigma$  (dari pengukuran diameter *semicircle*  $Z' - Z''$ )

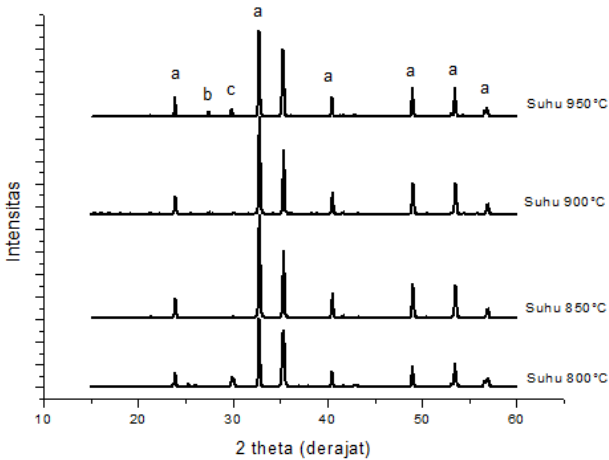
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Sintesis Fasa Tunggal $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$**

Sampel  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  disintesis dengan metode *Solid State* dimana metode ini merupakan salah satu pencampuran serbuk dalam bentuk padatan. Kemurnian bahan material dasar diketahui memiliki kemurnian sebagai berikut ZnO (>99%,Merck), MgO (>88%,Merck), TiO (>98%,Merck). Proses pencampuran ini menggunakan *ballmill* dengan frekuensi putar 250 rpm selama 4 jam berfungsi untuk mencampur dan menggiling serbuk. Setelah dilakukan sintesis dengan reaksi padat kemudian hasil sintesis dimasukkan ke dalam evaporator rotatif. Tujuan dilakukan evaporator adalah menjaga homogenitas dari campuran dan juga untuk menghilangkan alkohol yang terdapat dalam campuran. Pola difraksi sinar-x seluruh sampel yang telah di kalsinasi pada beberapa suhu selama 2 jam. Fase bubuk yang telah dikalsinasi dianalisis dengan menggunakan X-ray difraktometer (Model X1, Scintag, USA) dengan menggunakan Cu Ka dan menggunakan sudut kecil antara  $20^{\circ}$ - $60^{\circ}$  yang untuk mengetahui identifikasi fasa dari bahan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.1:



**Gambar 4. 1** Pola difraksi sinar-x dari sampel ZMT3 yang telah dikalsinasi  
(ket: a =  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$ , b =  $\text{TiO}_2$ , c =  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$ )

Gambar 4.1 menunjukkan beberapa suhu kalsinasi yang dilakukan untuk mencapai *single phase*. Kalsinasi pada beberapa suhu dilakukan karena pada sintesis sebelumnya oleh (Ming-Liang Hsieh,2008) bahwa terdapat fasa tunggal  $(\text{Zn},\text{Mg})\text{TiO}_3$  yang dikalsinasi pada suhu  $800^\circ\text{C}$ . Identifikasi fasa pola difraksi sinar X dilakukan dengan perangkat lunak *Match2*. Dari berbagai suhu yang telah di kalsinansi, sintesis  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$  telah *single phase* pada suhu  $850^\circ\text{C}$ . Dari data hasil analisa kualitatif dan kuantitatif fasa yang teridentifikasi yaitu  $\text{ZnTiO}_3$  (illminate) berbentuk hexagonal dengan *space group* R-3 (148), puncak tertinggi  $\text{ZnTiO}_3$  berada pada sudut  $32,82^\circ$  dengan intensitas puncak sebesar 998,1. Sedangkan  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$  yang dikalsinasi  $900^\circ\text{C}$  dan  $950^\circ\text{C}$  sudah mulai terurai menjadi fasa lain, fasa-fasa yang teridentifikasi dari hasil match tersebut yaitu  $\text{ZnTiO}_3$  (illminate),  $\text{TiO}_2$  (rutile) dan  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$ .

Analisis *Rietveld* menggunakan perangkat lunak *rietica* pada fasa tunggal  $(\text{Zn},\text{Mg})\text{TiO}_3$  dengan suhu kalsinasi  $850^\circ\text{C}$ ,

diketahui bahwa parameter kisi yang terukur adalah  $a = b = 5,069126 \text{ \AA}$  dan  $c = 13,912321 \text{ \AA}$  (*Output Rietica* disajikan dalam lampiran B). Hasil ini menunjukkan terjadi perbedaan dengan yang dilaporkan oleh Ming-Liang Hsieh, *et al.* (2007) bahwa parameter kisi dari  $\text{ZnTiO}_3$  adalah  $a = b = 5,0787 \text{ \AA}$  dan  $c = 13,9271 \text{ \AA}$ . Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa terbentuknya  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$  dengan sumbu  $a$  dan  $b$  berkurang panjang  $0,00148 \text{ \AA}$  akibat substitusi 10% posisi  $\text{Zn}^{2+}$  berjejari atom  $0,074 \text{ \AA}$  digantikan  $\text{Mg}^{2+}$  berjejari atom  $0,072 \text{ \AA}$ . Untuk  $\text{ZnO-MgO-TiO}_2$  campuran, karena jari-jari ionik  $\text{Mg}^{2+}$  ( $0,072 \text{ \AA}$ ) lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari  $\text{Zn}^{2+}$  ( $0,074 \text{ \AA}$ ), *Magnesium* dengan mudah mengganti *Zincite* dan membentuk larutan padat  $(\text{Zn,Mg})\text{TiO}_3$ .

## 4.2. Densifikasi

Pada penelitian ini telah dilakukan sinteisis  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$  dengan penambahan 1%, 2% dan 4%  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Dari hasil identifikasi fasa yang diperoleh, agar ukuran partikel dapat dipertahankan setelah disinter maka suhu sinter harus serendah-rendahnya. Salah satu cara yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menambahkan fasa cair kedalam material (Wang, et al, 2008). Serbuk  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$  yang telah dikalsinasi  $850^\circ\text{C}$  selama 2 jam dicampur oksida  $\text{V}_2\text{O}_5$  yang memiliki titik leleh  $690^\circ\text{C}$  dengan kemurnian tinggi ( $> 99\%$ ). Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Ming-Liang,2008) mendoping  $\text{V}_2\text{O}_5$  secara signifikan dapat meningkatkan densifikasi. Ketika  $\text{V}_2\text{O}_5$  dalam jumlah yang sedikit di doping dengan  $(\text{Zn,Mg})\text{TiO}_3$  pada suhu dibawah  $1000^\circ\text{C}$  menunjukkan sifat dielektrik yang baik. Selanjutnya, seluruh sampel yang telah disinter dilakukan pengukuran densitas bulk menggunakan metode archimides dan dihitung menggunakan persamaan 3.1. Berikut data densitas dan porositas untuk variasi suhu dan waktu penahanan.

**Tabel 4. 1** Hasil Pengukuran Densitas dan Porositas Suhu 900°C

Sampel	Densitas Archi (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
	24 jam	24 jam
Zn <sub>0,9</sub> Mg <sub>0,1</sub> TiO <sub>3</sub> + 1% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,340	0,126
Zn <sub>0,9</sub> Mg <sub>0,1</sub> TiO <sub>3</sub> + 2% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,582	0,249
Zn <sub>0,9</sub> Mg <sub>0,1</sub> TiO <sub>3</sub> + 4% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,663	0,114

**Tabel 4. 2** Hasil Pengukuran Densitas dan Porositas Suhu 1000°C

Sampel	Densitas Archi (g/cm <sup>3</sup> )		Porositas (%)	
	4 jam	8 jam	4 jam	8 jam
Zn <sub>0,9</sub> Mg <sub>0,1</sub> TiO <sub>3</sub> + 2% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,558	4,140	1,109	0,556
Zn <sub>0,9</sub> Mg <sub>0,1</sub> TiO <sub>3</sub> + 4% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,234	4,316	0,369	0,344

**Tabel 4. 3** Hasil Pengukuran Densitas dan Porositas Suhu 1100°C

Sampel	Densitas Archi (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
--------	--	---------------

	4 jam	8 jam	4 jam	8 jam
$Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3 + 2\% V_2O_5$	4,138	4,424	0,578	0,936
$Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3 + 4\% V_2O_5$	4,548	4,704	0,628	0,251

Dari tabel tersebut besar densitas untuk variasi waktu sintering antara 4 jam dan 8 jam tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, hal ini terjadi karena pada saat bahan disinter pada suhu tertentu, antar partikel berikat membentuk neck dan terjadi eliminasi porositas yang menyebabkan sampel yang disinter tersebut semakin kompak dan densitasnya semakin meningkat. Terlihat bahwa nilai densitas pada suhu 1000°C untuk ZMT3 2% 4h adalah sebesar 3,558 g/cm<sup>3</sup> kemudian terjadi sedikit kenaikan pada variasi sampel yang sama dengan perbedaan waktu sinter yaitu 8 jam, sebesar 4,140 g/cm<sup>3</sup>. Dengan dilakukan penambahan %berat zat aditif yaitu 4% dengan waktu sinter 4jam dihasilkan besar nilai densitas 4,234 g/cm<sup>3</sup> dan untuk sampel 4% 8h nilai densitas yaitu sebesar 4,316 g/cm<sup>3</sup>. Untuk sampel selanjutnya, yaitu pada suhu 1100°C ZMT3 2% 4h besar nilai densitas adalah 4,138 g/cm<sup>3</sup> sedangkan sampel 2% 8h nilai densitas adalah sebesar 4,424 g/cm<sup>3</sup>. Dengan dilakukan penambahan %berat zat aditif yaitu 4% dengan waktu sinter 4jam dihasilkan besar nilai densitas 4,548 g/cm<sup>3</sup> dan untuk sampel 4% 8h nilai densitas yaitu sebesar 4,704 g/cm<sup>3</sup>. Dan yang terakhir yaitu sampel ZMT3 pada suhu 900°C untuk 0% 24h besar nilai densitas 3,509, untuk 1% 24h besar nilai densitas 4,340 g/cm<sup>3</sup>, untuk sampel 2% 24h nilai densitas yaitu sebesar 4,582 g/cm<sup>3</sup> dan untuk sampel 4% 24h nilai densitas yaitu sebesar 4,665 g/cm<sup>3</sup>. Dari data keseluruhan, pada penelitian ini variasi waktu sintering tidak menunjukkan perubahan nilai densitas yang mencolok. Namun variasi penambahan zat aditif V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> menunjukkan bahwa semakin banyak V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang ditambahkan kedalam material,

menghasilkan nilai densitas semakin tinggi. Namun sampel dengan variasi suhu 900°C memiliki nilai densifikasi yang paling baik karena waktu penahanan yang paling lama yaitu 24h.

Dari hasil analisa data yang di dapatkan, data densitas yang dihasilkan menyatakan kecendrungan tertentu. Densitas menyatakan kerapatan partikel di dalam sampel. Dengan perhitungan sederhana melalui perbandingan masa dan volume didapatkan densitas sampel. Densitas sampel ini bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti proses kompaksi dan proses sintering. Proses kompaksi menyebabkan terjadinya pemadatan atau pengikatan sementara secara mekanik antara butiran partikel menjadi suatu masa yang kompak. Pada proses sintering suhu dan waktu penahanan dibuat bervariasi yaitu 1000°C, 1100°C dengan waktu penahanan 4 jam dan 8 jam serta 900°C dengan waktu penahanan 24 jam. Pada saat inilah terjadi eliminasi porositas dengan transport masa. Jika dua partikel digabung dan dipanaskan pada suhu tertentu maka dua partikel ini berikat membentuk *neck*. Hal inilah yang menyebabkan sampel  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  semakin kompak dan densitasnya semakin meningkat.

Selanjutnya dari hasil pengukuran bulk density diperoleh data bahwa semakin tinggi suhu sintering dan waktu penahanan maka nilai bulk density semakin tinggi dan nilai porositan semakin kecil. Karena semakin tinggi suhu sintering maka nilai kepadatan suatu material semakin padat karena kerapatan bahan semakin rapat dan mengurangi daya pori yang dihasilkan sehingga nilai porositasnya semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada proses sinter, partikel-partikel berikatan satu dan yang lain secara kimia di batas butir dan membentuk leher (*liquid bridge*) sehingga ikatan antarpartikel meningkat dan terjadi peningkatan densitas. Selain itu, setelah proses sinter ukuran butir cenderung menghilangkan ukuran butir yang kecil karena terjadi pertumbuhan butir. Secara kepadatan teoritis  $ZnTiO_3$  adalah 5,16 g/cm<sup>3</sup>, Sedangkan  $MgTiO_3$  adalah 3,89 g/cm<sup>3</sup>, sehingga kepadatan material ( $Zn_{1-x}Mg_x$ )  $TiO_3$  meningkat, disebabkan oleh jumlah yang lebih tinggi dari magnesium Penambahan



magnesium untuk  $\text{ZnTiO}_3$  tidak hanya mempengaruhi meningkatkan suhu sintering, tetapi dapat juga mengalami penurunan kepadatan spesimen.

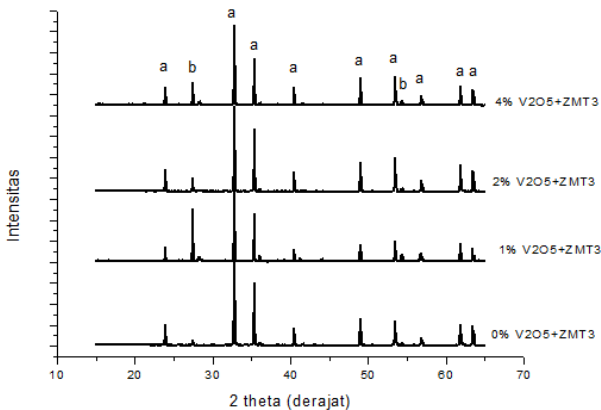
Peningkatan densitas yang semakin baik sebanding dengan peningkatan temperatur sinter, ini terjadi karena temperatur merupakan salah satu *driving force* proses difusi. Difusi adalah pergerakan atom-atom dari konsentrasi tinggi menuju konsentrasi yang lebih rendah. Semakin tinggi temperatur, maka kecepatan difusinya juga semakin tinggi dan *driving force* semakin besar sehingga daya dorong pertumbuhan butir semakin tinggi pula. Mekanisme difusi pada intinya merupakan transport masa material sehingga akan mengurangi porositas yang ada dan pada umumnya cenderung mengurangi porositas yang ada. Jadi temperatur sinter memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan densifikasi melalui mekanisme difusi antar lapisan pada daerah laminasi dan pengurangan poros. Jika suatu material memiliki nilai porositas yang tinggi dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik karena porositas merupakan pusat konsentrasi tegangan eksternal yang dapat menurunkan kemampuan material dalam menahan beban eksternal.

Selain suhu sinter lama waktu penahanan juga berpengaruh terhadap nilai densitas suatu material. Semakin lama waktu penahanan suhu sinter (*holding time*) maka densitas naik, hal ini disebabkan dengan lamanya *holding time* akan memberikan waktu untuk terbenruknya ikatan antar partikel yang semakin kuat sehingga berpengaruh terhadap berkurangnya porositas yang mengakibatkan nilai densitas meningkat. Peranan fasa cair yaitu  $\text{V}_2\text{O}_5$  juga sangat terlihat dalam mereduksi porositas material. Pada proses sinter fasa cair dikenal dengan tahapan pelarutan dan pengendapan. Pada tahap ini, butir-butir berukuran kecil larut dalam fasa cair, bermigrasi dan kemudian mengendap di permukaan butir yang berukuran besar (Rahman,2003). Sehingga dalam proses sintering meskipun porositas dapat direduksi lebih cepat namun ukuran butir akan tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan sampel tanpa penambahan zat aditif. Namun pada tabel

diatas, sinter pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  memiliki data densitas yang paling besar dibandingkan pada suhu sinter  $1000^{\circ}\text{C}$  dan  $1110^{\circ}\text{C}$ . Hal ini disebabkan kerana perbezaan lama holding time yang terjadi sehingga lamanya hoding time pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$  memberikan waktu untuk terbentuknya ikatan antar partikel yang semakin kuat sehingga berpengaruh terhadap berkurangnya porositas yang mengakibatkan nilai densitas meningkat.

### 4.3. Kajian Penyusutan dengan Penambahan $\text{V}_2\text{O}_5$

Dari hasil densifikasi bahan yang telah disinter yaitu pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$ ,  $1000^{\circ}\text{C}$  dan  $1100^{\circ}\text{C}$ , kita dapat mengetahui daerah perlambatan penyusutan dari pola difraksi sinar X. Dari analisa difraksi sinar X tersebut dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif. Hasil pola difraksi sampel  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$  yang di dopan  $\text{V}_2\text{O}_5$  yang telah disinter pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$ ,  $1000^{\circ}\text{C}$  dan  $1100^{\circ}\text{C}$  selanjutnya dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif pola difraksi sampel  $\text{ZnTiO}_3$  dengan penambahan zat aditif berbagai variasi *holding time* yang telah disinter ditunjukkan berturut-turut pada gambar 4.2, 4.3, dan 4.4.



**Gambar 4. 2** pola difraksi sinar-x sampel ZMT3+  $\text{V}_2\text{O}_5$  dengan suhu sinter  $900^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam

(ket: a = Zn<sub>0,9</sub>Mg<sub>0,1</sub>TiO<sub>3</sub>, b = TiO<sub>2</sub>)

Gambar 4.2 menunjukkan pola difraksi sinar-x pada sampel ZMT3+ V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang disinter suhu 900°C selama 24 jam. Dari hasil analisa kualitatif dan kuantitatif yang telah terhitung terlihat bahwa sampel ZMT3+V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> menunjukkan adanya fasa Zn<sub>0,9</sub>Mg<sub>0,1</sub>TiO<sub>3</sub> dan TiO<sub>2</sub>. Untuk sampel ZMT3 1% 24h terdapat fasa ZnTiO<sub>3</sub> sebesar 94,60% dan fasa TiO<sub>2</sub> sebesar 5.40%. Pada sampel ZMT3 2% 24h terjadi penurunan intensitas dari puncak fasa utama ZnTiO<sub>3</sub> dengan prosentasenya adalah 93,75% dan peningkatan fasa kedua TiO<sub>2</sub> dengan prosentase 6,25%. Sedangkan pada sampel ZMT3 4% 24h dengan fasa utama ZnTiO<sub>3</sub> besar prosentasenya 97,16% dan fasa TiO<sub>2</sub> 2,84%. Dapat disimpulkan, intensitas dari puncak utama yaitu ZnTiO<sub>3</sub> mengalami peningkatan ketika disiter lebih lama dan intensitas dari puncak-puncak fase kedua mengalami penurunan. Hal ini diduga, ketika waktu sinter lebih lama, terjadi pertumbuhan butir lebih cepat. Komposisi fase sekunder *Rutile* (TiO<sub>2</sub>) ini semakin membesar yaitu 1,85 %, ketika diberi zat aditif 2% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Tidak teridentifikasinya fasa yang mengandung Vanadium diduga fasa aditif ini telah mencair sepenuhnya membentuk amorf dan mengendap menempati batas butir.

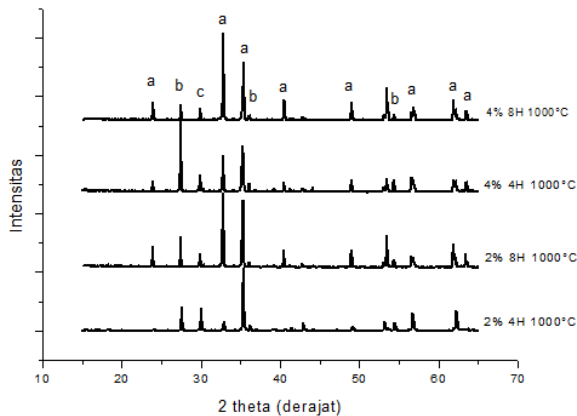
Analisis *Rietveld* menggunakan perangkat lunak *rietica* pada fasa tunggal ZnTiO<sub>3</sub> dengan penambahan 1 mol% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan parameter kisi a = b = 5,075 Å dan c = 13,923 Å, 2 mol% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan parameter kisi a = b = 5,079 Å dan c = 13,924 Å, dan 4 mol% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dengan parameter kisi a = b = 5,086 Å dan c = 13,953Å (*Output Rietica* disajikan dalam lampiran B). Hasil ini menunjukkan terjadi perbedaan dengan sampel ZnTiO<sub>3</sub> tanpa penambahan zat aditif sinter 900°C bahwa parameter kisi dari ZnTiO<sub>3</sub> adalah a = b = 5.076 Å dan c = 13.930 Å. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa sintesis ZnTiO<sub>3</sub> dengan penambahan 1 mol% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pada sumbu a dan b berkurang panjang 0,001 Å dan pada sumbu c berkurang panjang 0,07 Å. Berkurangnya nilai parameter kisi ini, akibat substitusi 2% posisi

$\text{Ti}^{4+}$  dan 4% posisi  $\text{Ti}^{4+}$  berjejeri atom  $0,061 \text{ \AA}$  digantikan  $\text{V}^{5+}$  berjejeri atom  $0,054 \text{ \AA}$ . Sehingga menyebabkan *cell volume* pada sampel  $\text{ZnTiO}_3$  dengan penambahan 1 mol%  $\text{V}_2\text{O}_5$  dan 2 mol%  $\text{V}_2\text{O}_5$  lebih kecil dibandingkan sampel  $\text{ZnTiO}_3$  tanpa penambahan zat aditif (*Output Rietica* disajikan dalam lampiran B).

**Tabel 4. 4** Analisa Rietveld sintering suhu 900

No	Sampel	Parameter Kisi		Fasa yang terbentuk	
		a=b	c	$\text{ZnTiO}_3$	$\text{TiO}_2$
1	0% $\text{V}_2\text{O}_5$ + ZMT3	5.076	13.930	V	
2	1% $\text{V}_2\text{O}_5$ + ZMT3	5.075	13.923	V	V
3	2% $\text{V}_2\text{O}_5$ + ZMT3	5.079	13.924	V	V
4	4% $\text{V}_2\text{O}_5$ + ZMT3	5.086	13.953	V	V

Reaksi Defect :



**Gambar 4. 3** pola difraksi sinar-x sampel ZMT3+  $\text{V}_2\text{O}_5$  dengan suhu sinter  $1000^\circ\text{C}$

(ket: a =  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$ , b =  $\text{TiO}_2$ , c =  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$ )

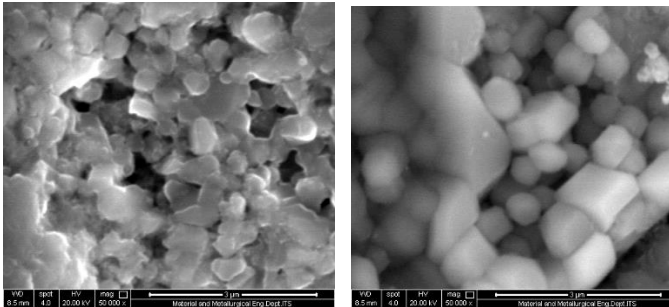
Selanjutnya pada gambar 4.3 menunjukkan pola difraksi sinar-x pada sampel ZMT3+ V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> yang disinter suhu 1000. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Zn<sub>0,9</sub>Mg<sub>0,1</sub>TiO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> dan Zn<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub>. Dalam sebuah penelitian yang dilakukan oleh You-hua (2012) menunjukkan dari hasil analisis tersebut disebutkan bahwa ZnTiO<sub>3</sub> hexagonal terbentuk di suhu mulai 550°C, dengan ZnO sebagai fasa yang dominan. Ketika suhu dinaikkan pada rentang 550°C-900°C terlihat senyawa lain. Namun, pada saat suhu meningkat 950°C, ZnTiO<sub>3</sub> hexagonal akan terurai menjadi kubik Zn<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub> dan rutil TiO<sub>2</sub>. Struktur kristal ZnTiO<sub>3</sub> merupakan simetri rhombohedral. Parameter kisi ZnTiO<sub>3</sub> memiliki nilai parameter kisi a=5,0787Å, c = 13,9271 Å, dan MgTiO<sub>3</sub> a= 5,054 Å, c = 13,898 Å.

Peningkatan densitas yang semakin baik sebanding dengan peningkatan temperatur sinter, ini terjadi karena temperatur merupakan salah satu *driving force* proses difusi. Difusi adalah pergerakan atom-atom dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Semakin tinggi temperatur maka kecepatan difusinya juga akan semakin tinggi maka *driving force* juga akan semakin besar sehingga daya dorong pertumbuhan butir semakin tinggi pula. Mekanisme difusi pada intinya merupakan transport material sehingga akan mengurangi porositas yang ada dan pada umumnya cenderung terdapat eliminasi porositas. Jadi, temperatur sinter memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan densifikasi keramik melalui proses difusi antar lapisan pada daerah eliminasi dan pengurangan poros.

Dalam pembahasan ini hasil identifikasi sinar-x pada sampel ZMT3+V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> menunjukkan bahwa fasa Zn<sub>0,9</sub>Mg<sub>0,1</sub>TiO<sub>3</sub> tidak terbentuk pada suhu 1000°C dan 1100°C dan terurai menjadi fasa TiO<sub>2</sub> dan Zn<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub> karena keseluruhan fasa tersebut mencair dan terurai membentuk fasa lain sehingga pada proses karakterisasi lisrik hanya dilakukan pada suhu 900°C karena memiliki densifikasi bahan yang baik.

#### 4.4. Karakteristik Struktur Mikro Scanning Electron Microscopy (SEM)

Struktur mikro diamati dengan menggunakan uji SEM. Pada penelitian ini sampel yang dilakukan uji tersebut adalah ZMT3 murni dan ZMT3 4%24h untuk membandingkan ukuran grain dari masing-masing variasi waktu sintering. Perhitungan ukuran grain dilakukan dengan metode *Linier Section Measurement* didapatkan ZMT3 murni 0,654 $\mu\text{m}$  dan ZMT3 4%24h 2,278  $\mu\text{m}$ .

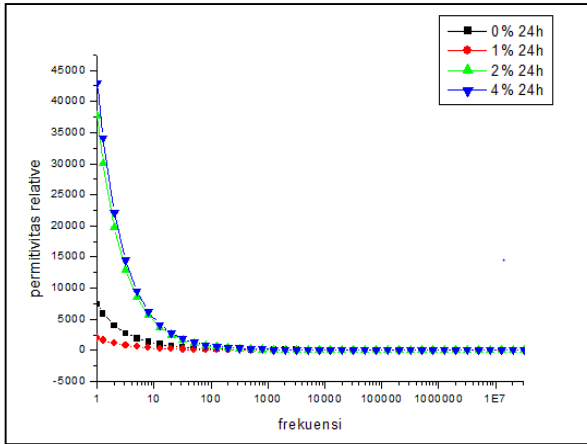


**Gambar 4. 4** Hasil pengamatan struktur mikro menggunakan uji SEM untuk sampel ZMT3 murni dan ZMT3 4%24h

Dari gambar 4.4 diatas terlihat bahwa hubungan densitas dari masing-masing sampel terhadap hasil mikrostruktur. Sampel ZMT3 4%24h memiliki densitas yang cukup tinggi dan terdapat lebih banyak beberapa daerah rongga yang dinyatakan dengan porositas walaupun ukuran grain lebih besar daripada sampel ZMT3 murni. Diduga hal ini disebabkan karena adanya fenomena abnormal grain growth, dimana sebuah butir berdampingan dengan butir lain yang dipisahkan oleh grain boundary, namun pada saat tertentu, antara kedua butir semakin menjauh hingga dipisahkan oleh pore (rongga). Data ukuran butir tersebut menunjukkan adanya zat aditif  $\text{V}_2\text{O}_5$  berperan sebagai bahan yang mampu memicu pertumbuhan grain growth lebih cepat dan peranan fasa cair tersebut sangat terlihat dalam mereduksi porositas material.

#### 4.5. Sifat Dielektrik

$Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  (Zinc Titanate) merupakan bahan material dielektrik gelombang mikro, frekuensi yang diberikan adalah frekuensi berorde GHz yang merupakan daerah terjadinya polarisasi dipolar. Menurut Boch and Niepce (2011) polarisasi dipolar terjadi rentang frekuensi 500 Hz-20 GHz. polarisasi dipolar pada frekuensi rendah terjadi pada frekuensi 500Hz-1MHz dan polarisasi dipolar pada frekuensi tinggi terjadi pada frekuensi 1MHz-20GHz. Pengukuran sifat dielektrik sampel dalam penelitian  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  dilakukan pada temperatur kamar dengan rentang frekuensi antara 32 MHz hingga 1 Hz sehingga dari pengukuran ini dapat diketahui pada frekuensi berapa terjadi perubahan polarisasi dipolar ke polarisasi *space charge*. Ketika medan listrik diberikan pada frekuensi rendah, lubang (porositas) di dalam material akan memberikan arah medan yang berlawanan dengan arah medan luar. Polarisasi yang terjadi pada porositas tertutup (*close pore*) disebut dengan long polarization dapat mengakibatkan berkurangnya nilai konstanta dielektrik. Elektron di sekitar porositas tertutup bergerak lebih jauh dibandingkan dengan elektron yang bergerak tanpa adanya porositas ketika diberi medan listrik. Karakterisasi sifat dielektrik yang dilaporkan dari hasil perhitungan ialah permitivitas real ( $\epsilon'$ ), konstanta dielektrik ( $\epsilon''$ ), dielektrik loss ( $\epsilon''$ ) dan tingkat loss dielektrik ( $\tan \delta$ ). Berikut adalah grafik hasil dari karakterisasi listrik sampel yang memiliki densifikasi yang paling baik yaitu sampel pada suhu 900°C 24h.



**Gambar 4.5** Hubungan antara permitivitas real ( $\epsilon_r$ ) terhadap frekuensi pada suhu  $900^\circ\text{C}$

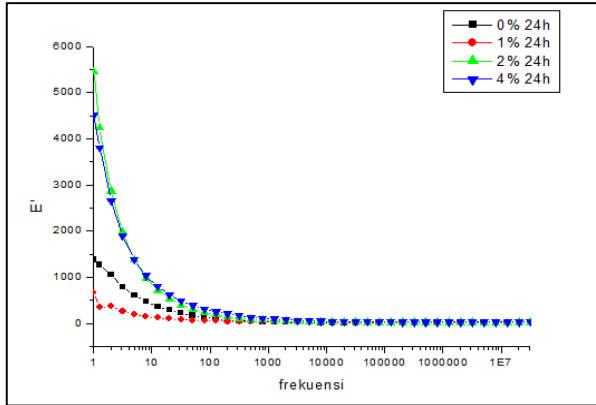
Gambar 4.5 menunjukkan hubungan antara permitivitas real ( $\epsilon_r$ ) yang berubah terhadap frekuensi pada sampel dengan suhu sinter  $900^\circ\text{C}$ . Secara umum karakterisasi polarisasi yang ditunjukkan oleh sampel adalah polarisasi muatan ruang (*space charge*) dan polarisasi dipolar. Polarisasi dipolar terjadi ketika nilai permitivitas real material berada pada daerah kostan. Karakterisasi polarisasi menunjukkan adanya perbedaan karakterisasi bahan bergantung pada nilai densitas relatif bahan tersebut. Pada daerah polarisasi dipolar konstanta dielektrik meningkat seiring meningkatnya suhu sintering dan waktu penahanan suhu sintering. Seperti telah dibahas dalam sub bab sebelumnya bahwa peningkatan suhu mengakibatkan densitas material semakin meningkat yang diikuti oleh penurunan porositas dan tumbuhnya ukuran butir. Dimana ketika proses sintering tersebut terjadi pengurangan porositas yang besar sehingga dapat meningkatkan nilai densitas. Peningkatan densitas menyebabkan peningkatan polarisasi dipolar sehingga nilai permitivitas relative juga tinggi. Konstanta dielektrik hasil



pengukuran dengan Impedance analyzer menunjukkan bahwa pada daerah polarisasi dipolar terlihat bahwa nilai konstanta dielektrik linier terhadap data densitas. Akibatnya densitas yang kecil memiliki nilai permitivitas yang rendah, begitu juga sebaliknya densitas sampel yang besar memiliki nilai permitivitas yang besar pula. Pada sintesis ini material yang memiliki waktu penahanan yang paling lama dan densitas paling besar. Didapatkan nilai konstanta dielektrik untuk masing masing sampel ZMT3 900°C murni, 1% 24h, 2% 24h, dan 4% 24h berturut-turut yaitu memiliki nilai permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) sebesar 14,5; 23,8; 23,4; 26,8. Hal ini dapat terjadi, diduga karena dengan keadaan sampel yang mempunyai densitas tinggi akibat dari pendopongan  $V_2O_5$  atom V mengganti Ti yang menyebabkan parameter kisi menyusut dibandingkan dengan material yang tanpa doping sehingga volume semakin kecil dan atom-atom semakin rapat sehingga nilai densitas meningkan dan nilai permitivitas relative juga akan semakin meningkat.

Selain itu, material  $(Zn_{1-x}Mg_x)TiO_3$  disinter pada suhu 900°C memiliki nilai permitivitas relatif tinggi disebabkan densifikasi lebih lengkap. Selain densifikasi lebih lengkap, pembentukan  $TiO_2$  oleh dekomposisi fase  $ZnTiO_3$  menghasilkan lebih tinggi permitivitas relatif. Karena permitivitas relatif  $TiO_2$  ( $\epsilon_r = 104$ ) jauh lebih tinggi daripada  $ZnTiO_3$  ( $\epsilon_r = 19$ ), keberadaan sejumlah kecil  $TiO_2$  dapat dengan signifikan meningkatkan permitivitas relatif dari material ZMT3. Ketika MZT3 diberi medan listrik, timbullah polarisasi dipolar. Polarisasi dipolar terjadi akibat adanya interaksi atom Zn dan Ti yang terjadi dimana atom Zn bermuatan  $2+$  dan atom Ti bermuatan  $4+$ . Ketika frekuensi medan semakin tinggi polarisasi dipolar akan berubah menjadi polarisasi *space charge*. Polarisasi *space charge* terjadi pada muatan listrik yang tidak terikat yaitu pada batas butir (*grain boundry*) dan ruang kosong (*cavity*). Pada gambar 4.5 diatas diketahui material yang memiliki densitas yang paling besar yaitu pada ZMT3+4%  $V_2O_5$ , mengalami perubahan dari polarisasi dipolar ke polarisasi *space charge* yang lebih cepat dibandingkan

material yang memiliki densitas yang lebih kecil sehingga porositasnya besar akan menghasilkan *space charge* yang tinggi.

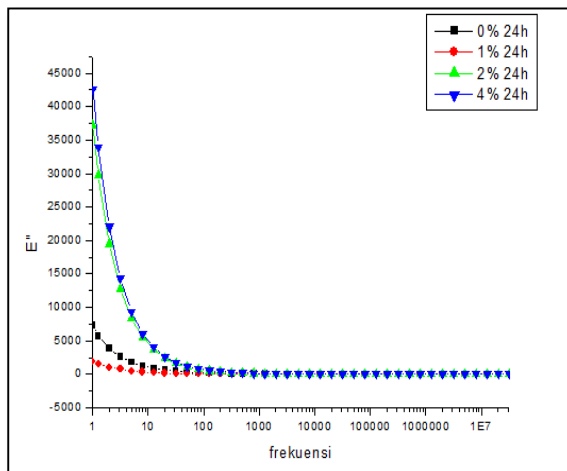


**Gambar 4. 6** Hubungan antara permitivitas dielektrik ( $\epsilon'$ ) terhadap frekuensi pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$

Gambar diatas menunjukkan konduktivitas listrik MZT3 yang di doping dengan  $\text{V}_2\text{O}_5$  menunjukkan bahwa material yang memiliki densitas yang lebih tinggi yaitu  $\text{ZMT3}+4\%\text{V}_2\text{O}_5$  memiliki konduktivitas yang rendah. Karena nilai konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitasnya. Material yang memiliki densitas yang besar, memiliki porositas yang rendah sehingga material tersebut memiliki nilai resistivitas yang tinggi dan nilai konduktivitas yang rendah. Tetapi, material yang memiliki densitas tinggi kerapatan grain di dalam material tersebut lebih tinggi dibandingkan material yang memiliki densitas yang lebih rendah. Kedua material tersebut diberi medan listrik maka elektronnya akan bergerak pada material yang lebih rapat yaitu pada material yang memiliki densitas lebih besar. Tabel 4.1 di bawah ini menunjukkan nilai uji listrik pada variasi berat  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

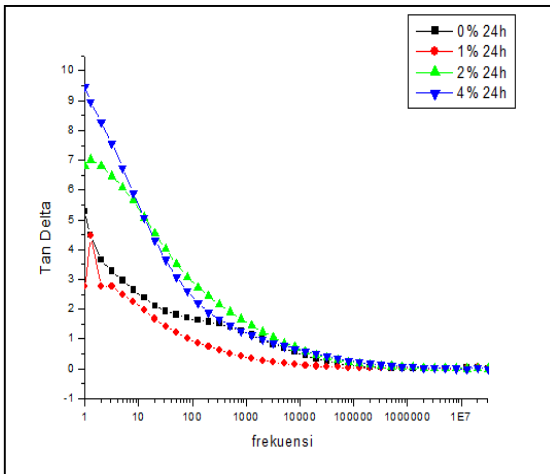
**Tabel 4. 5** Rekap data uji listrik pada variasi berat  $V_2O_5$  dengan waktu penahanan 24 jam

Variasi	Resistansi (ohm)	Konduktivitas (1/ohm)	$\epsilon$ real rata-rata	Freq max (MHz)	Freq min (KHz)	Densitas Archimedes
0%	$90 \times 10^6$	$0,11 \times 10^{-7}$	14,553	$3,2 \times 10^7$	$0,127 \times 10^6$	3,509
1%	$420 \times 10^6$	$0,23 \times 10^{-8}$	23,896	$3,2 \times 10^7$	$0,803 \times 10^6$	4,340
2%	$10 \times 10^6$	$0,1 \times 10^{-6}$	23,445	$3,2 \times 10^7$	$0,507 \times 10^6$	4,582
4%	$20 \times 10^6$	$0,05 \times 10^{-6}$	26,800	$2,019 \times 10^7$	$0,201 \times 10^6$	4,663



**Gambar 4. 7** Hubungan antara permitivitas imajiner ( $\epsilon''$ ) terhadap frekuensi pada suhu  $900^\circ\text{C}$

Gambar 4.7 menunjukkan hubungan antara nilai dielectric loss (permitivitas imajiner) terhadap perubahan frekuensi pada berbagai sampel. Pola kurva ini dapat diketahui bahwa frekuensi relaksasi antara 1 Hz–32 MHz belum tercapai, hal ini ditandai dengan tidak adanya puncak *Debye* yang terbentuk (lihat gambar 2.7(b)). Nilai dielectric loss kecil dan stabil ditunjukkan oleh sampel-sampel dengan densitas relatif yang tinggi yaitu pada ZMT3+4%  $V_2O_5$ , dan selanjutnya nilai dielectric loss yang cenderung konstan dengan penurunan nilai frekuensi. Secara keseluruhan nilai dielectric loss semakin meningkat dengan meningkatnya volume porositas dan densitas yang relatif lebih rendah yang terkandung di dalam material.



**Gambar 4. 8** Hubungan antara faktor disipasi (tan  $\delta$ ) terhadap frekuensi pada suhu 900°C

Gambar 4.8 menunjukkan hubungan antara faktor disipasi dielektrik (tan  $\delta$ ) dengan nilai frekuensi yang berubah-ubah. Secara keseluruhan dari gambar tersebut ditunjukkan bahwa tan  $\delta$  semakin menurun seiring meningkatnya nilai frekuensi yang diberikan. Hal ini dikarenakan pada keadaan frekuensi yang

tinggi perubahan posisi dipol sangat sedikit, sehingga gesekan antar molekul menjadi lebih sedikit. Penn et al (1997) menyatakan bahwa  $\tan \delta$  material semakin besar jumlah porositas pada suatu sampel maka  $\tan \delta$  semakin meningkat dan sebaliknya. Selain itu penyebab turunnya nilai  $\tan \delta$  dapat pula diakibatkan oleh meningkatnya hambatan batas butir

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB V KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran, pengolahan data, analisa data dan pembahasan dapat diperoleh beberapa kesimpulan penelitian, yakni:

1. Sintesis  $Zn_{0,9}Mg_{0,1}TiO_3$  telah *single face* pada suhu  $850^{\circ}C$ . Dari data hasil analisa kualitatif dan kuantitatif fasa yang teridentifikasi yaitu  $ZnTiO_3$  (*illminate*) berbentuk hexagonal dengan *space group* R-3 (148), puncak tertinggi  $ZnTiO_3$  berada pada sudut  $32,82^{\circ}$ .
2. Sampel dengan variasi suhu  $900^{\circ}C$  memiliki nilai densifikasi yang paling baik karena waktu penahanan yang paling lama yaitu 24h karena memberikan waktu untuk terbentuknya ikatan antar partikel yang semakin kuat sehingga berpengaruh terhadap berkurangnya porositas yang mengakibatkan nilai densitas meningkat.
3. Pada SEM, grain yang besar memiliki batas butir yang besar pula menunjukkan adanya zat aditif  $V_2O_5$  berperan sebagai bahan yang mampu memicu pertumbuhan grain growth lebih cepat dan peranan fasa cair tersebut sangat terlihat dalam mereduksi porositas material
4. Nilai konstanta dielektrik untuk masing masing sampel ZMT3  $900^{\circ}C$  murni, 1% 24h, 2% 24h, dan 4% 24h berturut-turut yaitu memiliki nilai permitivitas relativitas ( $\epsilon_r$ ) sebesar 14,5; 23,8; 23,4; 26,8. Hal ini dapat terjadi, diduga karena dengan keadaan sampel yang mempunyai densitas tinggi maka didalamnya hanya terdapat sedikit porositas.

## 4.2. SARAN

Saran untuk penelitian berikutnya adalah:

1. Melakukan karakterisasi  $(\text{Zn,Mg})\text{TiO}_3$  dengan suhu dibawah  $1000^\circ\text{C}$  dengan variasi holding time.
2. Perlu dilakukan kajian dengan penambahan  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ssebagai fasa cair agar sifat unggul  $\text{V}_2\text{O}_5$  dan  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  dapat dibedakan.
3. Melakukan karakterisasi sifat dielektrik pada frekuensi 1Hz-32Mhz



## DAFTAR PUSTAKA

- Astutik P., L. I. Hariani, M. A. Baqiya, dan S. Pratapa, (2011) "Pengaruh Aktivasi Mekanik Terhadap Pembentukan Fasa  $\text{MgTiO}_3$  dan  $\text{MgTi}_2\text{O}_5$ ," presented at the Seminar Nasional Fisika 2011
- Boch, P. dan Nièpce, JC, (2007), *Ceramics Materials; Process, Properties and Application*, ISTE Ltd, USA.
- German, R.M., Suri, P., Park, S.J., (2009) Review: liquid phase sintering. *Journal Material Sceince*. Vol 44, hal 1–39.
- Hsieh, M.-L. C.-S.-C.-P.-L. (2008). Effect of oxide additives on the low-temperature sintering of dielectrics (Zn,Mg)TiO<sub>3</sub>. *Materials Research Bulletin*, 43.
- Ismunandar. 2008. "Artikel-artikel Populer Keramik"
- Kim Tae Hyo & Kim Ho Yoon, (1998) "Microwave dielectric properties of Magnesium modified Zinc Titanat". *Journal of the Korean Physical Society*, vol 32 hal. 346-348.
- Kisi, E.H. (1994), "Rietveld Analysis of Powder Diffraction Pattern", *Material Forum*, vol. 18, hal. 135-153.
- Pratapa, S., 2004. Bahan Kuliah Difraksi Sinar-X. Jurusan Fisika FMIPA ITS, Surabaya.
- Pratapa, S., 2005. Analisis data Difraksi Menggunakan metode Rietveld. Surabaya.
- Reed, J.S., (1995). *Principles of ceramics processing*. Wiley, New York.
- Reddy, K. (2008), *Priciples of Engginering Metallurgy*.

- Rahaman M. N., (2003), *Ceramic Processing and Sintering*, 2<sup>nd</sup> edition, Marcel Dekker., New York.
- Schilz , J. (1998), "Internal Kinetics of Tumbles dan Planetary Ball Mills:A Mathematical Model for Parameter setting", *Material Transactions, JIM*, vol, 39,hal. 1152-1157.
- Wang, Y.-R., Wang, S.-F. & Lin, Y.-M. (2005) "Low temperature sintering of  $(\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x)\text{TiO}_3$  microwave dielectrics." *Ceramics International*, 31, 905-909.
- Wang Liqiu, Kang Hongmin, Xue Dongfeng, dan Liu Changhou, (2008) "Low-temperature synthesis of  $\text{ZnTiO}_3$  nanopowders". *Materials Research Bulletin*, 311, 611-614.
- Yu You-Hua, dan Xia Meng, (2012) "Preparation and characterization of  $\text{ZnTiO}_3$  powder by sol-gel process". *Materials Research Bulletin*, 77, 10-12.
- Yuh-Ruey W, Sea-Fue W, et al., 2005. Low Temperature Sintering of  $(\text{Zn}_{1-x}, \text{Mg}_x)\text{TiO}_3$  Microwave Dielectrics. *Ceramic International* 31, 905-909
- Zhang M., L. Li, W. Xia, dan Q. Liao, (2012) "Structure dan properties analysis for  $\text{MgTiO}_3$  and  $(\text{Mg}_{0.97}\text{Mn}_{0.03})\text{TiO}_3$  (M = Ni, Zn, Co dan Mn) microwave dielectric materials," *Journal of Alloys dan Compounds*, vol. 537, hal. 76–79(Huang et al., 2003)

# LAMPIRAN DATA KRISTALOGRAFI

Entry # 00-026-1500

## Phase classification

<b>Name</b>	Zinc Titanium Oxide
<b>Mineral Name</b>	Ecandrewsite, syn
<b>Formula</b>	ZnTiO <sub>3</sub>
<b>Pearson symbol</b>	hR10
<b>I/Icor</b>	2.500000
<b>Quality</b>	* (Excellent)

## Bibliographic data

### Publication

**Reference** , Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25 **13**, 49 (1976)

## Crystal structure

### Published crystallographic data

<b>Space group</b>	R-3 (148)
<b>Crystal system</b>	rhombohedral
<b>Cell parameters</b>	a=5.078700 Å c=13.927000 Å
<b>Cell volume</b>	311.100006 Å <sup>3</sup>
<b>Z</b>	6

## Diffraction data

### Published diffraction lines

	d [Å]	Int.	hkl	Remark
	4.630000	1	0 0 3	hkl generated by input software.
	4.191000	3	1 0 1	hkl generated by input software.
	3.717000	20	0 1 2	hkl generated by input software.
	2.729000	100	1 0 4	hkl generated by input software.
	2.540000	75	1 1 0	hkl generated by input software.
	2.355000	1	0 1 5	hkl generated by input software.
	2.321000	1	0 0 6	hkl generated by input software.
	2.228000	20	1 1 3	hkl generated by input software.
	2.173000	3	0 2 1	hkl generated by input software.
	2.097000	1	2 0 2	hkl generated by input software.
	1.860000	35	0 2 4	hkl generated by input software.
	1.813000	1	1 0 7	hkl generated by input software.
	1.713000	35	1 1 6	hkl generated by input software.
	1.651000	1	2 1 1	hkl generated by input software.
	1.619000	11	0 1 8	hkl generated by input software.
	1.500000	25	2 1 4	hkl generated by input software.
	1.466000	25	3 0 0	hkl generated by input software.
	1.428000	1	1 2 5	hkl generated by input software.
	1.399000	1	3 0 3	hkl generated by input software.
	1.365000	4	2 0 8	hkl generated by input software.
	1.327600	8	1 0 10	hkl generated by input software.
	1.321800	4	1 1 9	hkl generated by input software.
	1.276000	1	2 1 7	hkl generated by input software.
	1.269600	6	2 2 0	hkl generated by input software.
	1.239600	2	3 0 6	hkl generated by input software.
	1.216600	1	0 1 11	hkl generated by input software.
	1.202000	6	1 2 8	hkl generated by input software.
	1.176600	3	0 2 10	hkl generated by input software.
	1.151200	7	1 3 4	hkl generated by input software.
	1.113900	5	2 2 6	hkl generated by input software.
	1.086200	1	0 4 2	hkl generated by input software.

1.067400	5	2 1 10hkl generated by input software.
1.055800	2	1 1 12hkl generated by input software.
1.048500	3	4 0 4 hkl generated by input software.
1.006900	<1	1 2 11hkl generated by input software.
0.999000	3	3 1 8 hkl generated by input software.
0.981600	<1	2 2 9 hkl generated by input software.
0.970200	4	0 1 14hkl generated by input software.
0.969200	7	3 2 4 hkl generated by input software.
0.959900	5	4 1 0 hkl generated by input software.
0.929600	2	0 4 8 hkl generated by input software.
0.917500	3	1 3 10hkl generated by input software.
0.906400	2	2 0 14hkl generated by input software.
0.886800	5	4 1 6 hkl generated by input software.

## Experimental

### Physical Properties

<b>Calc. density</b>	5.165000 g/cm <sup>3</sup>
<b>Color</b>	Colorless

Entry # 00-076-0649

### Phase classification

<b>Name</b>	Titanium Oxide
<b>Mineral Name</b>	Rutile
<b>Formula</b>	TiO <sub>2</sub>
<b>Pearson symbol</b>	tP6
<b>I/Icor</b>	3.560000
<b>Quality</b>	C (calculated)

## Bibliographic data

### Publication

<b>Reference</b>	, Calculated from ICSD using POWD-12++ <b>42</b> , 295 (1997)
------------------	---

## Crystal structure

### Published crystallographic data

<b>Space group</b>	P4 <sub>2</sub> /mnm (136)
<b>Crystal system</b>	tetragonal
<b>Cell parameters</b>	a=4.593000 Å c=2.959000 Å
<b>Cell volume</b>	62.419998 Å <sup>3</sup>
<b>Z</b>	2

## Diffraction data

### Published diffraction lines

	d [Å]	Int.	hkl	Remark
	3.247740	999	1 1 0	
	2.487480	420	1 0 1	
	2.296500	65	2 0 0	
	2.187300	161	1 1 1	
	2.054050	58	2 1 0	
	1.687350	438	2 1 1	
	1.623870	126	2 2 0	
	1.479500	57	0 0 2	
	1.452430	58	3 1 0	
	1.423590	5	2 2 1	
	1.359770	137	3 0 1	

1.346380	67	1 1 2
1.303830	7	3 1 1
1.273870	1	3 2 0
1.243740	14	2 0 2
1.200500	7	2 1 2
1.170050	26	3 2 1
1.148250	17	4 0 0
1.113970	6	4 1 0
1.093650	38	2 2 2

## Experimental

### Physical Properties

**Calc. density** 4.250000 g/cm<sup>3</sup>

## Entry # 00-025-1164

### Phase classification

<b>Name</b>	Zinc Titanium Oxide
<b>Formula</b>	Zn <sub>2</sub> TiO <sub>4</sub>
<b>Pearson symbol</b>	cF56
<b>I/Icor</b>	4.500000
<b>Quality</b>	* (Excellent)

## Bibliographic data

### Publication

**Reference** , Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25 **12**, 37 (1975)

## Crystal structure

### Published crystallographic data

<b>Space group</b>	Fd-3m (227)
<b>Crystal system</b>	cubic
<b>Cell parameters</b>	a=8.460200 Å
<b>Cell volume</b>	605.539978 Å <sup>3</sup>
<b>Z</b>	8

## Diffraction data

### Published diffraction lines

d [Å]	Int.	hkl
4.890000	4	1 1 1
2.993000	35	2 2 0
2.552000	100	3 1 1
2.444000	4	2 2 2
2.115000	13	4 0 0
1.727000	11	4 2 2
1.627000	30	5 1 1
1.495800	30	4 4 0
1.430500	<1	5 3 1
1.337700	3	6 2 0
1.290100	6	5 3 3
1.275800	2	6 2 2
1.221400	1	4 4 4
1.130600	4	6 4 2
1.101300	9	7 3 1
1.057600	2	8 0 0
0.997100	2	6 6 0

0.976900	5	7 5 1
0.970600	1	6 6 2
0.945700	1	8 4 0
0.901900	1	6 6 4
0.886800	4	9 3 1
0.863400	7	8 4 4

Experimental

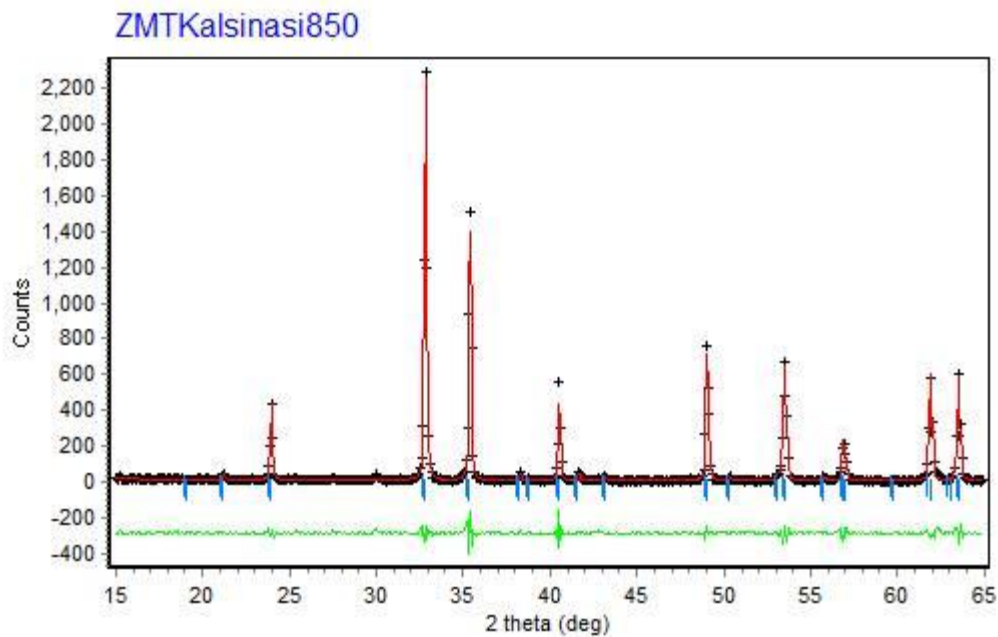
Physical Properties

Calc. density	5.323000 g/cm <sup>3</sup>
Color	Colorless

## LAMPIRAN B

### Pola Hasil Penghalusan dengan Menggunakan *Rietica*

A. Zn<sub>0,9</sub>Mg<sub>0,1</sub>TiO<sub>3</sub> yang di kalsinasi dengan suhu 850

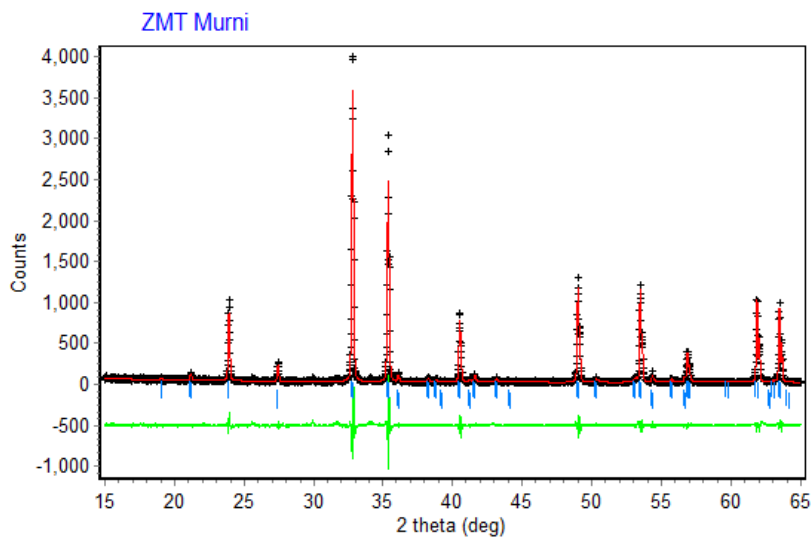


Parameter	Zn <sub>0,9</sub> Mg <sub>0,1</sub> TiO <sub>3</sub>	
Phase scale factor	0.100000E-01	
Parameter Kisi	A	5.069126
	B	5.069126
	C	13.912312
Cell volume	309.596527	

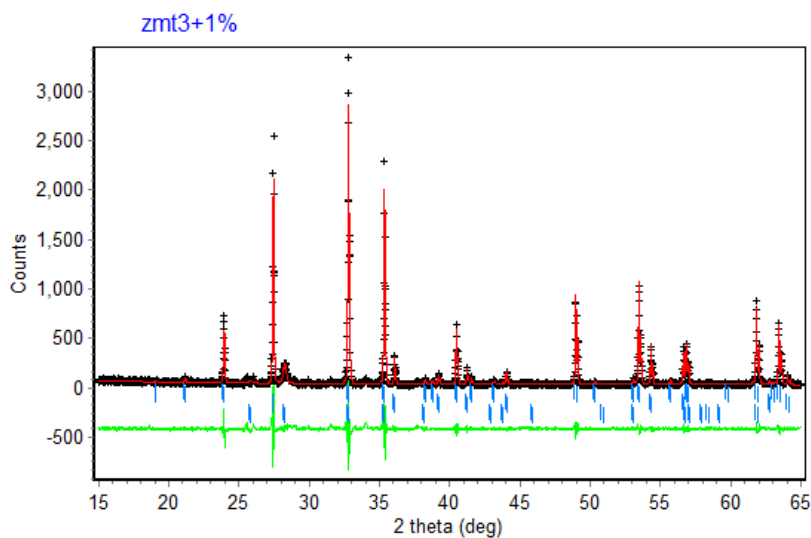
U	0.140833		
Deriveded bragg	0.41		
Gam 0	0.379238		
FoM	Rp (%)	Rwp (%)	GoF (%)
	15.71	8.94	0.169
Background	B0	-210.449	
	B1	10.7109	
	B2	-0.218327	
	B3	0.155010E-02	
Sample displacment	0.13670		

Nama	Fase	Rp	Rwp	Rexp	GoF (%)	Bragg R-Factor	% Molar	% Berat
850	ZnTiO3	15,71	8,94	21,73	0,16	0,41		100

B.  $\text{Zn}_{0,9}\text{Mg}_{0,1}\text{TiO}_3$  yang di dopan 0%, 1%, 2% dan 4%  $\text{V}_2\text{O}_5$  dengan suhu sinter 900 selama 24 jam

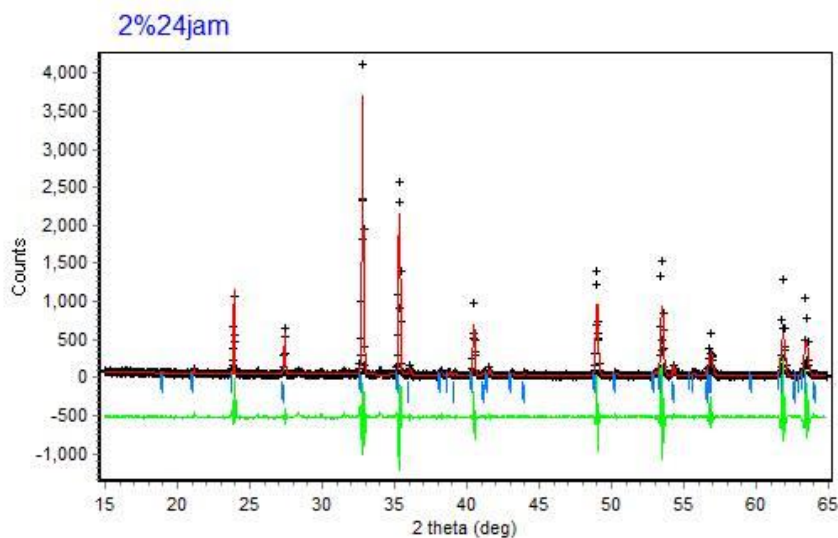


Parameter	Zn <sub>0.9</sub> Mg <sub>0.1</sub> TiO <sub>3</sub>		
Phase scale factor	0.100000E-01		
Parameter Kisi	A	4.593431 (7)	
	B	4.593431 (7)	
	C	2.960708	
Cell volume	62.469772		
U	-0.015190		
Derivered bragg	0,06		
Gam 0	0,200000		
FoM	Rp (%)	Rwp (%)	GoF (%)
	12,91	16,96	2,492
Background	B0	143.01	
	B1	-6.43095	
	B2	0.119760	
	B3	-0.737989E-03	
Sample displacment	-0.06723		

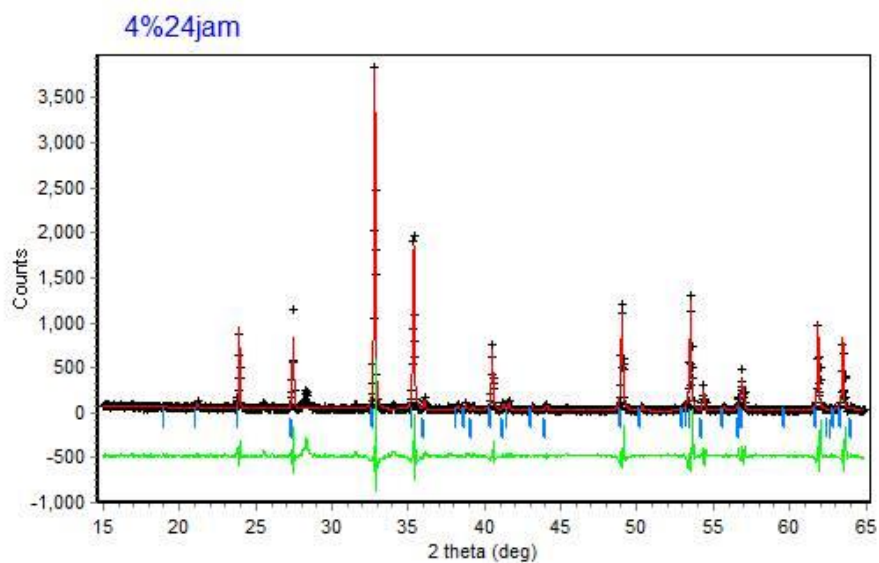




Parameter	Zn <sub>0.9</sub> Mg <sub>0.1</sub> TiO <sub>3</sub>		TiO <sub>2</sub>	
Phase scale factor	0.100000E-01		0.100000E-01	
Parameter Kisi	A	5.075333	4.593293	
	B	5.075355	4.593293	
	C	13.923871	2.959575	
Cell volume	310.613190		62.442123	
U	0.034656		0.041688	
Derivered bragg	0.63		1.04	
Gam 0	0.635473		0.455063	
FoM	Rp (%)	Rwp (%)	Rexp (%)	GoF (%)
	15.28	20.51	11.08	3.424
Background	B0	137.557	137.557	
	B1	-6.05028	-6.05028	
	B2	0.117108	0.117108	
	B3	-0.767257E-03	-0.767257E-03	
Sample displacment	-0.02875		-0.02875	



Parameter	$Zn_{0.9}Mg_{0.1}TiO_3$		$TiO_2$	
Phase scale factor	0.100000E-01		0.100000E-01	
Parameter Kisi	A	5.079782	4.587369	
	B	5.079782	4.587369	
	C	13.924219	2.958397	
Cell volume	311.165710		62.256363	
U	0.380000		-0.574487	
Derived bragg	0.05		0.81	
Gam 0	0.123400		0.364227	
FoM	Rp (%)	Rwp (%)	Rexp (%)	GoF (%)
	25.88	25.89	15.04	2.964
Background	B0	-175.282	-175.282	
	B1	10.7513	10.7513	
	B2	-0.244631	-0.244631	
	B3	0.186934E-02	0.186934E-02	
Sample displacment	0.15366		0.15366	



Parameter	$Zn_{0.9}Mg_{0.1}TiO_3$		$TiO_2$	
Phase scale factor	0.100000E-01		0.100000E-01	
Parameter Kisi	A	5.086053	4.599247	
	B	5.086053	4.599247	
	C	13.953699	2.963749	
Cell volume	312.594757		62.692421	
U	-0.059895		0.010000	
Derived bragg	0.07		0.03	
Gam 0	1.515291		0.200000	
FoM	Rp (%)	Rwp (%)	Rexp (%)	GoF (%)
	24.43	24.32	16.20	2.254
Background	B0	-239.028	-239.028	
	B1	15.8038	15.8038	
	B2	-0.379464	-0.379464	
	B3	0.300898E-02	0.300898E-02	
Sample displacment	-0.00803		-0.00803	

## Hasil Penghalusan dengan Menggunakan Rietica

Nama	Fase	Rp	Rwp	Rexp	GoF (%)	Bragg R-Factor	% Molar	% Berat
0%	ZnTiO <sub>3</sub>	12,91	16,96	10,75	0,24	0,06	93,72	96,1
	TiO <sub>2</sub>					0,20	6,28	3,9
1%	ZnTiO <sub>3</sub>	15,28	20,51	11,08	0,324	0,63	94,60	69,2
	TiO <sub>2</sub>					1,024	5,40	32,8
2%	ZnTiO <sub>3</sub>	26,08	26,13	15,04	0,301	0,05	93,75	98,53
	TiO <sub>2</sub>					0,81	6,25	1,47
4%	ZnTiO <sub>3</sub>	25,69	29,98	16,22	3,416	11,34	97,16	94,03
	TiO <sub>2</sub>					9,31	2,84	5,97

## BIODATA PENULIS



Riska Ainun Nisa lahir di Pamekasan, 30 Juni 1993 merupakan anak ke 7 dari 9 bersaudara dari ayah yang bernama Mohammad Hasjim (alm) dan ibu Arifah. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Nurul Hikmah Pamekasan (1997-1999), SD *plus* Nurul Hikmah (1999-2005), SMP Negeri 2 Pamekasan (2005-2008), SMA Negeri 1 Pamekasan (2008-2011), kemudian diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember jurusan Fisika. Selama menempuh sekolah di perguruan tinggi penulis hanya aktif di Forum Komunikasi Mahasiswa Pamekasan (FORKAMP) dan Lembaga Dakwah Jurusan (FOSSIF). Penulis merupakan asisten laboratorium Fisika Laboratorium (2014). Penulis mengharapkan kritik dan saran mengenai tugas akhir ini melalui email [idola\\_riska@yahoo.co.id](mailto:idola_riska@yahoo.co.id).

