

PENGARUH PENAMBAHAN FRIT GELAS TERHADAP KARAKTERISTIK DIELEKTRIK KAPASITOR KERAMIK FILM TEBAL BaTiO_3

Walfred Tambunan⁽¹⁾, Antonius Surbakti⁽²⁾, Dani Gustaman Syarif⁽³⁾

Prodi Fisika

^(1,2)*Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. Prof. Dr. Muchtar Luthfi*

Pekanbaru 28293

⁽³⁾*Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri-BATAN Bandung*

E-mail:walfred_t@yahoo.com

ABSTRACT

Thick film dielectric ceramic capacitors have been manufacture with an additive mixture of BaTiO_3 95 % : 5 % , 92.5 % : 7.5 % and 90 % : 10 % regarding the frits glass weight. The mixed samples to the forms of pasta by adding 20% organic compounds heaviness. Formed pasta from the three types of samples sintered at a temperature of 700° C for 20 minutes. Then the characteristics of the sample by using XRD, SEM and LCR meters is done. XRD results identified that all three types of samples formed BaTiO_3 phase with a tetragonal crystal structure that the length of the crystal grid is $a = b \neq c$ and angles $\alpha = \beta = \gamma$. The results of SEM analysis showed BaTiO_3 thick film microstructure changes by indicated the increase in grain. Dielectric characteristics by measuring the capacitance of a capacitor at temperature of 30°C - 100°C. The results turned be a thick film capacitors with 5% frit composition has a dielectric constant of 230.75, 7.5% frit composition has a dielectric constant of 39.58% and 10% frit composition has dielectric constant of 293.87% at temperature of 100°C. These three dielectric constant values indicated 10% frit composition is the highest dielectric constant of the capacitor and is the best of the three types of capacitor .

Keywords: *BaTiO₃, Glass Frits, Dielectric*

ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan dielektrik kapasitor keramik film tebal dengan penambahan campuran BaTiO_3 95% : 5% , 92,5% : 7,5 % dan 90% : 10% terhadap berat Frit Gelas. Setelah dicampur dibuat kebentuk pasta dengan menambahkan 20% berat senyawa organik. Pasta yang telah terbentuk dari ketiga jenis sampel disinter pada suhu 700°C selama 20 menit. Kemudian dilakukan karakteristik sampel dengan menggunakan XRD, SEM dan LCR meter. Hasil XRD teridentifikasi bahwa dari ketiga jenis sampel terbentuk fasa BaTiO_3 dengan struktur kristal tetragonal dengan panjang kisi kristal $a = b \neq c$ dan sudut $\alpha = \beta = \gamma$. Hasil analisa SEM menunjukkan struktur mikro film tebal BaTiO_3 mengalami perubahan yang ditandai dengan adanya penambahan butiran. Karakteristik dielektrik dilakukan dengan cara mengukur kapasitansi kapasitor dari suhu 30°C – 100°C. Hasil yang diperoleh ternyata kapasitor film tebal dengan komposisi frit 5% memiliki konstanta dielektrik 230,75 , komposisi frit 7,5% memiliki konstanta dielektrik 39,58% konstanta dielektrik dan komposisi frit 10% memiliki konstanta dielektrik 293,87 pada suhu 100°C. Ketiga nilai konstanta dielektrik yang diperoleh ternyata komposisi frit 10% merupakan kapasitor yang mempunyai konstanta dielektrik tertinggi dan merupakan kapasitor yang paling baik dari ketiga jenis kapasitor tersebut.

1. LATAR BELAKANG

Bahan mineral yang terdapat pada perut bumi jika dimanfaatkan sebagian besar dapat dijadikan sebagai bahan dasar piranti elektronik. Indonesia adalah salah satu negara yang penyediaan komponen-komponen elektronika masih sangat bergantung pada negara lain, maka riset tentang pengembangan teknologi dibidang material perlu dilakukan agar kekayaan bahan mineral yang melimpah dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku bernilai guna sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain dalam hal penyediaan komponen-komponen elektronika khususnya berbasis keramik.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari variasi penambahan frit gelas terhadap karakteristik dielektrik film tebal keramik $BaTiO_3$ yaitu dengan variasi penambahan 5%, 7,5 % dan 10 % berat frit pada suhu sinter 700 °C kemudian dilakukan karakteristik dielektrik menggunakan LCR meter, analisis kekristalan menggunakan XRD dan analisis struktur mikro menggunakan SEM.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Konstanta Dielektrik

Besarnya konstanta dielektrik dari kapasitor dua pelat konduktor sejajar yang diisi dengan dielektrik dinyatakan dengan persamaan :

$$K = C d / \epsilon_0 A \quad (1)$$

Faktor disipasi dari bahan dielektrik terjadi akibat peningkatan mobilitas pembawa muatan dan getaran atom dalam bahan tersebut. Besar faktor disipasi ini bergantung pada temperatur dan frekwensi yang bekerja pada rangkaian karakterisasi listrik bahan.

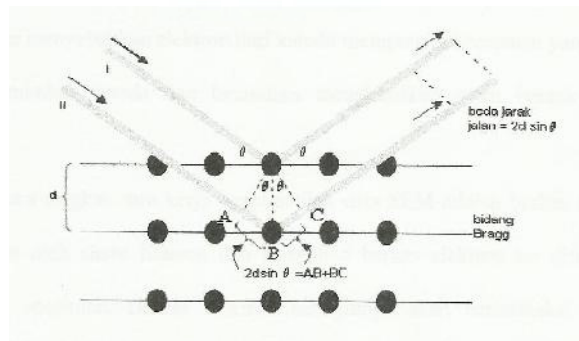
B. Difraksi sinar X

Difraksi sinar X dengan panjang gelombang λ mengenai atom-atom kristal jatuh dengan sudut θ berinterferensi konstruktif menurut Bragg adalah:

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2)$$

Hubungan jarak antara bidang kristal d_{hkl} dengan nilai parameter kisi a , b dan c dinyatakan dengan persamaan:

$$d_{hkl}^2 = \frac{1}{\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}} \quad (3)$$



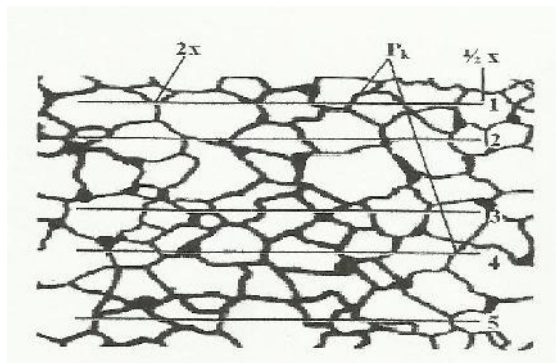
Gambar. 1 : Difraksi dari bidang kristal

C. Scanning Electron Microscope

Butiran-butiran material dari hasil pencitraan *Scanning Electron Microscope* atau foto SEM dapat dihitung besarnya dengan menggunakan metode garis atau metode Heyn dengan menggunakan persamaan :

$$\bar{d} = n \cdot l / V \cdot \sum P_k \quad (4)$$

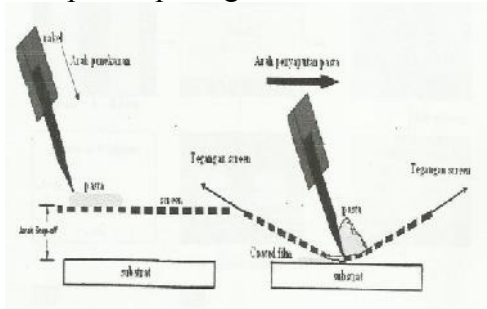
dimana V adalah perbesaran foto, l adalah panjang garis uji, n adalah jumlah garis uji, $\sum P_k$ adalah jumlah batas butir yang dipotong dan \bar{d} adalah besar butir rata-rata



Gambar.2. Pengukuran besar butir dengan metode Heyn

3. METODE PENELITIAN

Eksperimen yang dilakukan membuat pasta dengan cara mencampurkan BaTiO₃, frit gelas dan O.V (*Organic Vehenle*) dengan perbandingan komposisi 80 % campuran serbuk BaTiO₃ dan frit dengan 20 % O.V Pasta yang telah dibuat merupakan material dielektrik kapasitor film tebal yang difabrikasidengan proses *screen printing* dengan teknik *snap off* seperti yang ditampilkan pada gambar.3

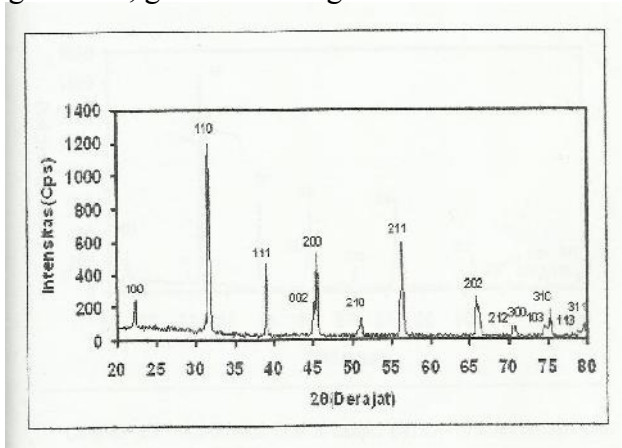


Gambar.3. Proses screen printing dengan teknik *snap-off*

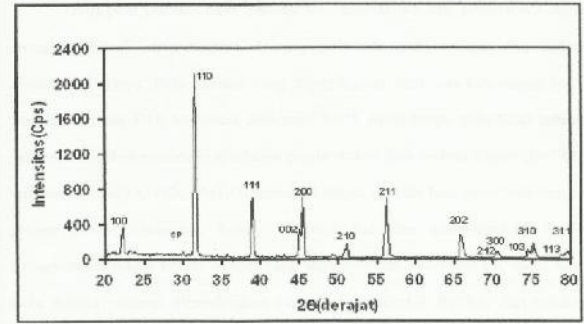
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisa Struktur Sampel dengan XRD

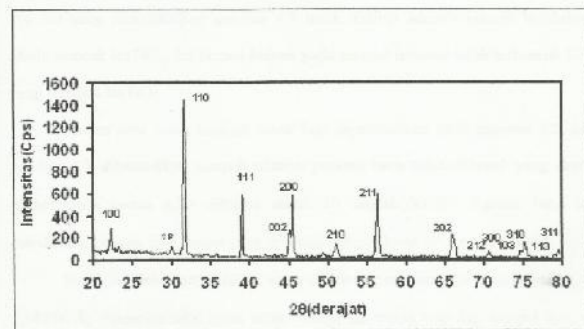
Pola difraksi sinar X pada sudut 2θ untuk rentang 20° sampai 80° dari sampel keramik BaTiO₃ dengan penambahan frit gelas 5%, 7,5% dan 10% dengan suhu penyinteran 700°C ditampilkan pada gambar.4, gambar.5 dan gambar 6



Gambar.4. Pola difraksi sinar X sampel BaTiO₃ dengan 5% frit disinter pada suhu 700°C



Gambar.5. Pola difraksi sinar X sampel BaTiO₃ dengan frit 7,5% disinter pada suhu 700°C



Gambar.6. Pola difraksi sinar X sampel BaTiO₃ dengan frit 10% disinter pada suhu 700°C

1. Pada Gambar.4 pola difraksi sinar X sampel BaTiO₃ dengan penambahan 5% frit terlihat adanya puncak BaTiO₃ artinya terbentuk fasa tunggal BaTiO₃.
2. Gambar.5 dan Gambar.6 tampak adanya puncak baru tidak dikenal yang dapat dilihat dari kedua pola difraksi pada 2θ adalah 30,05°. Puncak baru ini merupakan puncak fasa kedua yang ditandai dengan kode SP (*second phase*).
3. Hasil difraksi sinar X dengan panjang gelombang $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$ menggunakan persamaan.3 didapat nilai parameter kisi a, b dan parameter kisi c serta $\alpha = \beta = \gamma$ dari senyawa keramik BaTiO₃ dengan komposisi penambahan frit 5%, 7,5% dan 10% ditabelkan pada tabel.1.

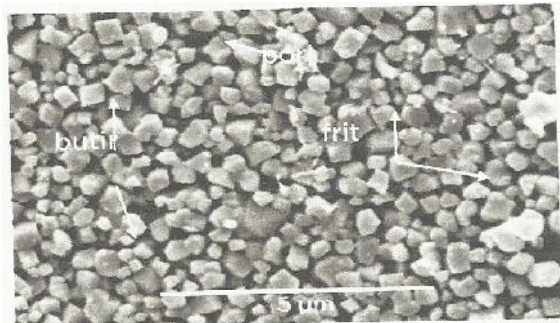
Tabel.1. Nilai parameter kisi a = b dan c dari sampel BaTiO₃

Penambahan berat Frit %	Parameter	
	Kisi a =b (Å)	c (Å)
5 %	3,9746	4,0161
7,5 %	3,9746	3,9872
10 %	3,9921	4,0161

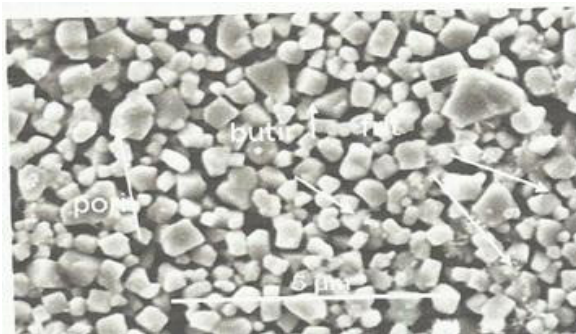
Tabel.1. menunjukkan dengan penambahan frit 10 % terjadi pertambahan kisi a dari sistem kristal tetragonal senyawa BaTiO₃ sebesar 0,02 disebabkan adanya kemungkinan atom frit masuk ke dalam sel satuan BaTiO₃.

4.2. Hasil Analisa Struktur Mikro dengan SEM

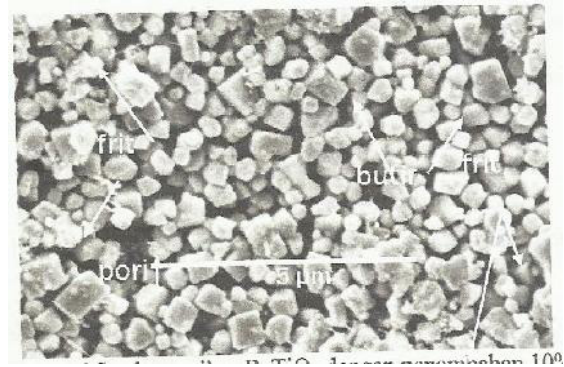
Struktur mikro dari sampel keramik BaTiO₃ dengan frit yang disinter pada suhu 700° dapat diketahui dari fotoSEM. Foto SEM menunjukkan: keramik film tebal BaTiO₃ dengan penambahan frit 5%, 7,5% dan 10% untuk perbesaran 5000x ditampilkan pada gambar.7, gambar.8 dan gambar.9



Gambar.7. Struktur mikro BaTiO₃ dengan penambahan frit 5%



Gambar.8. Struktur mikro BaTiO₃ dengan penambahan frit



Gambar.9. Struktur mikro BaTiO₃ dengan penambahan frit 10%

1. Hasil foto SEM pada gambar-gambar diatas terlihat bahwa struktur mikro film tebal BaTiO₃ memiliki butir-butir dan pori-pori yang tidak seragam. Sebagian butiran tampak dengan jelas berbentuk balok dengan ukuran yang berbeda-beda dan ada juga bentuknya tidak beraturan serta bulat.
2. Hasil SEM juga menunjukkan bahwa butiran terpisah-pisah atau kontak antar butiran butiran belum terjadi dengan baik sehingga banyak membentuk pori-pori disebabkan karena suhu penyinteran sampel belum cukup membuat frit meleleh seluruhnya.
3. Jika suhu penyinteran sampel dibuat lebih tinggi kemungkinan perkembangan kristal butir keramik BaTiO₃ akan lebih baik dan frit akan lebih tersebar merata pada batas butir BaTiO₃ sehingga mengurangi porositas sampel.
4. Hasil SEM faktor penambahan frit dengan berat yang berbeda mempengaruhi struktur mikro dari sampel dan mengurangi porositas sampel.
5. Hasil perbandingan perhitungan besar butir rata-rata dari masing-masing sampel menggunakan persamaan.4 ditampilkan pada tabel.2.

Tabel.2. Besar butir rata-rata hasil perhitungan pada sampel keramik BaTiO₃

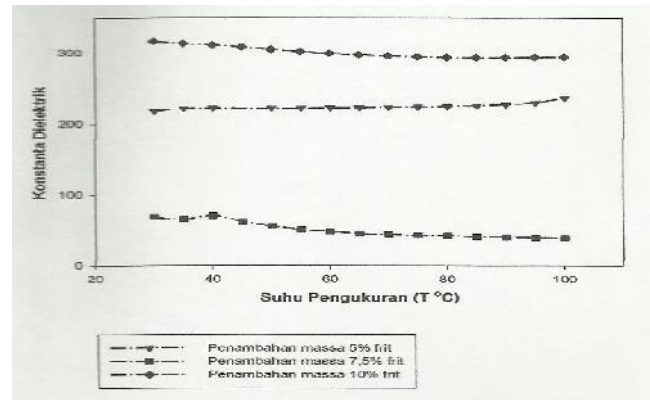
Penambahan frit (%)	Perbesaran foto	n	l (cm)	ΣPk	$\frac{\Sigma Pk}{n \cdot l^2}$
5 %	5000 x	8	5,03	208,5	0,386
7,5 %	5000 x	8	5,03	201,5	0,399
10 %	5000 x	8	5,03	200	0,402

Berdasarkan tabel.2 dan gambar.7 serta gambar.8 untuk sampel dengan penambahan frit 5% dan 7,5% terlihat jelas bahwa penambahan frit memperbesar ukuran butir sehingga dengan penambahan frit yang berkelanjutan dapat meningkatkan pertumbuhan butir sampel dan dari tabel tersebut besar kenaikan ukuran butir yang terjadi adalah 3,3 %.

Sampel dengan tambahan frit 10% hasil SEM yang ditunjukkan pada gambar.9 terlihat bahwa keberadaan frit lebih banyak mengakibatkan pendistribusian frit lebih merata pada batas butir keramik serta kontak antara butiran BaTiO₃ lebih baik dibandingkan dua sampel lainnya. Jika sampel ini dibandingkan terhadap sampel dengan penambahan frit 7,5 % maka kenaikan batas butir terjadi ssekitar 0,75 % dan dengan adanya pertambahan pertumbuhan butir menunjukkan telah terjadi difusi antar atom.

4.3. Hasil Analisa Karakterisasi Dielektrik

Karakterisasi dielektrik pada penelitian ini menggunakan LCR meter. Hasil karakterisasi dari dielektrik BaTiO₃ dengan penambahan frit 5%, 7,5% dan 10% yang diperoleh dari LCR meter adalah kapasitansi, ini disubsitusikan kedalam persamaan.2 maka diperoleh besarnya konstanta dielektrik untuk frit 5% pada suhu 100°C adalah 230,75, untuk frit 7,5% pada suhu 100°C konstanta dielektriknya adalah 39,58 dan untuk frit 10% pada suhu 100° C konstanta dielektriknya adalah 293,87. Perilaku karakteristik dielektrik keramik BaTiO₃ terhadap suhu pengukuran ditunjukkan pada gambar.10.



Gambar.10. Konstanta dielektrik sebagai fungsi suhu pengukuran dari sampel

Gambar tersebut menunjukkan adanya perbedaan kecenderungan pola grafik konstanta dielektrik untuk sampel dengan frit 5% terhadap dua sampel lainnya. Sampel dengan frit 5% memiliki perilaku semakin meningkat konstanta dielektriknya jika suhu bertambah tinggi. Perbedaan ini dapat dijelaskan dari hasil XRD yang mana sampel dengan frit 5% murni fasa tunggal BaTiO₃. Sementara hasil XRD untuk frit 7,5% dan frit 10% menunjukkan adanya fasa baru yang tidak teridentifikasi yang mempengaruhi kemurnian BaTiO₃. Sehingga ini dapat mempengaruhi harga konstanta dielektrik dan faktor disipasi sampel. Sampel yang memiliki konstanta dielektrik paling tinggi dari penelitian ini adalah sampel kapasitor film tebal BaTiO₃ dengan penambahan frit 10% besar K = 316,54 dan faktor disipasi adalah 0,137 pada suhu 30°C sedangkan K = 293,87 dan faktor disipasi adalah 0,023 pada suhu 100°C. Sampel ini menunjukkan sifat bahan dielektrik yang lebih baik diantara sampel lainnya karena kontak antar butiran sampel terdistribusi merata sehingga lebih dominan menghalangi pergerakan elektron didalam bahan keramik.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari teori dan pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil analisis pola difraksi sinar X teridentifikasi bahwa semua film tebal telah terbentuk formasi fasa BaTiO₃ dengan struktur yang memiliki simetri tetragonal.
2. Hasil analisis SEM didapat bahwa struktur mikro BaTiO₃ mengalami perubahan yang ditandai dengan adanya pertumbuhan butir akibat pengaruh penambahan frit.
3. Penambahan frit yang berlebih dapat menimbulkan perubahan karakteristik dielektrik kapasitor film tebal BaTiO₃ ini disebabkan karena dengan pemberian frit yang berlebih maka struktur mikro, ukuran butir dan kepadatan butir mengalami perubahan, perubahan ini mempengaruhi konstanta dielektrik dan faktor disipasi.
4. Kapasitor film tebal dengan komposisi penambahan frit 10 % memiliki harga konstanta dielektrik paling tinggi yaitu sebesar 293,87 pada suhu 100°C dan 316,54 pada suhu 30°C serta merupakan kapasitor yang paling baik jika dibandingkan terhadap dua kapasitor film tebal lainnya.
4. Firmansyah, L, 2005, *Studi Struktur Mikro dan Struktur Kristal Keramik ZnO-TiO₂ pada suhu Sinter 1450°C Terhadap Sifat Dielektrik*, Universitas Pendidikan Indonesia
5. Harper, C.A, 2011, *Handbook of ceramics glasses and diamonds*, Mc-Graw Hill Companies, United States of America
6. Jamil, N.A, 2000, *Pengaruh Penambahan CuO Terhadap Karakteristik Keramik Film Tebal ZnFe₂O₄ di Media Udara dan Gas Etanol*, Universitas Pendidikan Indonesia Bandung
7. Kittle, C, 1996, *Introduction to Solid State Physics*, Edisi ke Tujuh, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore
8. Reed, J.S, 1987, *Introduction to the Principles of Ceramic Processing*, John Wiley and Sons
9. Smith, W.F, 1990, *Principles of Material Science and Engineering*, Second Edition, McGraw-Hill, Florida

DAFTAR PUSTAKA

1. Barsoum, M, 1997, *Fundamental of Ceramic*, Mc Graw-Hill International Edition material Sciences Series
2. Darmawansyah, A, 2007, *Pembuatan Rangkaian Filter Band Pass Orde Dua dengan Teknologi Film Tebal*, Journal IPTEK Vol.10, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
3. Eliyana, A. 2007, *Identifikasi Kristal*, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung