

Pengaruh Suhu *Sintering* Pada Pembuatan Strontium Titanat (SrTiO_3) Terhadap Konstanta Dielektrik Menggunakan Metode *Co-Precipitation*

Husnah Rofiko, Yofentina Iriani*, dan Risa Suryana

Prodi Fisika FMIPA, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A Kentingan, Surakarta 57126

*email : yopen_2005@yahoo.com

ABSTRACT

Strontium Titanate (SrTiO_3) with variation of sintering temperatures were prepared by co-precipitation methods. Sintering temperature were varied at 700°C, 800°C, and 900°C for 4 hours. SrTiO_3 samples were prepared by Strontium Nitrate and Titanium Tetrabutoxide. SrTiO_3 samples were characterized by X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), Resistance Capacitance Inductance (RCL) meter, and Sawyer Tower. SEM images show that the sintering temperatures could affect the grain size of SrTiO_3 . In addition, crystal size of SrTiO_3 (110) affected by sintering temperature. The highest of dielectric constant is 137 on SrTiO_3 at sintering temperature of 900°C. Sawyer Tower curves confirmed that SrTiO_3 has paraelectric property.

Keywords: Strontium Titanate, Co-precipitation, dielectrics constant, paraelectrics

ABSTRAK

Strontium Titanat (SrTiO_3) dengan variasi suhu sintering telah dibuat dengan metode *co-precipitation*. Variasi suhu sintering yang digunakan yaitu 700°C, 800°C, dan 900°C dengan waktu tahan 4 jam. SrTiO_3 dibuat dari bahan dasar Strontium Nitrat dan Titanium Tetrabutoksida. Sampel SrTiO_3 dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Resistance Capacitance Inductance* (RCL) meter, dan Sawyer Tower. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa variasi suhu sintering mempengaruhi ukuran kristal dan ukuran butir dari SrTiO_3 . Konstanta dielektrik tertinggi diperoleh pada SrTiO_3 dengan suhu sintering 900°C yaitu 137. Hasil uji menggunakan Sawyer Tower menunjukkan bahwa SrTiO_3 bersifat paraelektrik.

Kata kunci: Strontium Titanat, *Co-precipitation*, konstanta dielektrik, paraelektrik

PENDAHULUAN

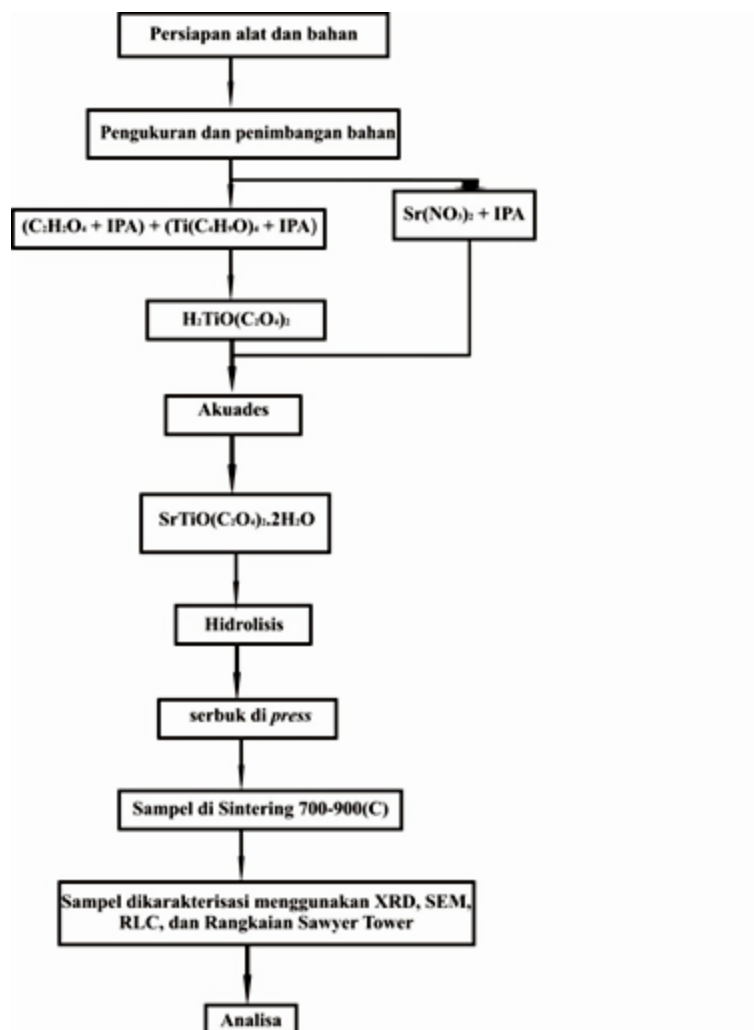
Strontium Titanat (SrTiO_3) merupakan salah satu bahan *metal oxide* yang memiliki struktur perovskite kubik. SrTiO_3 memiliki sifat fisika seperti paraelektrisitas, superkonduktivitas, dan fotokatalis^[2]. Selain itu, SrTiO_3 memiliki sifat kimia dan kestabilan fisik yang baik, serta sifat optik yang unggul^[3]. Berdasarkan sifat-sifat tersebut SrTiO_3 dikembangkan secara berkelanjutan untuk digunakan dalam beberapa aplikasi. Beberapa jenis aplikasi yang menerapkan bahan SrTiO_3 adalah kapasitor, devais microwave, dan fotokatalis^[5].

Penelitian mengenai SrTiO_3 telah banyak dilakukan dengan berbagai metode seperti *solid state*, *sol gel*, hidrotermal dan *co-precipitation*. Dari beberapa metode tersebut, metode *co-precipitation* memiliki keunggulan yaitu homogenitas dan kontrol stokiometri yang bagus^[4].

Pada makalah ini akan dilakukan pembuatan SrTiO_3 dengan metode *co-precipitation*. Pembuatan SrTiO_3 dilakukan dengan variasi suhu *sintering* 700°C , 800°C , dan 900°C . Dari perbedaan suhu *sintering* dapat dianalisa pengaruhnya terhadap konstanta dielektrik dan karakteristik struktur kristalnya.

METODE

Pembuatan Strontium Titanat (SrTiO_3) dilakukan dengan menggunakan metode *co-precipitation*. Diagram alir pembuatan Strontium Titanat (SrTiO_3) ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan Strontium Titanat (SrTiO_3)

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan SrTiO_3 adalah Stronsium Nitrat ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$) dan Tetrabutoksida ($\text{Ti}(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_4$). Bahan tersebut dilarutkan dalam pelarut. Pencampuran larutan

dilakukan dengan di *stirrer* selama 1 jam. Larutan diendapkan selama 12 jam dan di hidrolisis dengan suhu 100°C selama 10 jam. Serbuk SrTiO₃ kemudian dicetak dalam bentuk *bulk* menggunakan alat *hydrolic press*. *Bulk* di *sintering* pada suhu 700°C, 800°C dan 900°C dengan waktu tahan selama 4 jam.

Sampel SrTiO₃ dikarakterisasi dengan instrumen XRD untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, serta tingkat kekristalan sampel. Hasil karakterisasi XRD berupa difraktogram yang menunjukkan puncak-puncak difraksi dari sampel. Puncak-puncak difraksi dibandingkan dengan *database* PCPDFWIN sehingga dapat diketahui puncak-puncak tersebut adalah difraksi dari sampel. Ukuran kristal diperoleh melalui pengujian XRD dan dihitung menggunakan persamaan Scherrer berikut:

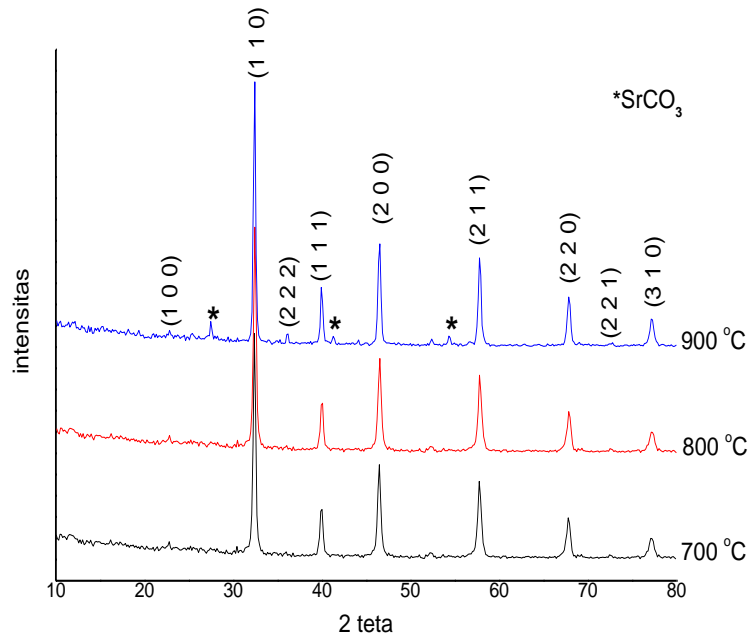
$$\beta \cos \theta = \frac{k\lambda}{D} \quad (1)$$

Konstanta dielektrik diperoleh dari uji RLC meter digital (LCR-800 Series Gwinstek). Nilai konstanta dielektrik dapat diketahui dengan Persamaan (2), dimana K adalah nilai konstanta dielektrik, C adalah kapasitansi, A merupakan luasan permukaan sampel, d merupakan tebal sampel, dan ϵ_0 merupakan nilai konstanta permitivitas dielektrik ($8,85 \times 10^{-12}$ Farad.m⁻¹).

$$K = \frac{cd}{\epsilon_0 A} \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Difraktogram dari sampel SrTiO₃ dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C ditunjukkan pada Gambar 2. Puncak-puncak SrTiO₃ yang terbentuk disesuaikan dengan ICDD nomor pdf#860179 dan pdf#011018. Pada hasil difraktogram tersebut terdapat beberapa puncak impuritas. Berdasarkan ICDD nomor pdf#741491 impuritas merupakan Strontium Karbonat (SrCO₃)



Gambar 2. (color online) Difraktogram SrTiO₃ dengan variasi suhu sintering

Variasi suhu sintering tidak mempengaruhi pergeseran sudut, namun mempengaruhi tingginya intensitas yang terbentuk. Semakin besar suhu sintering, intensitas yang terbentuk pada masing-masing bidang kristal semakin tinggi. Intensitas dari bidang kristal dengan variasi suhu sintering dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. intensitas puncak tertinggi bidang kristal dengan variasi suhu sintering

H k l	Intensitas		
	700°C	800 °C	900 °C
1 1 0	681	1064	1248
2 0 0	323	447	485
2 1 1	268	367	420

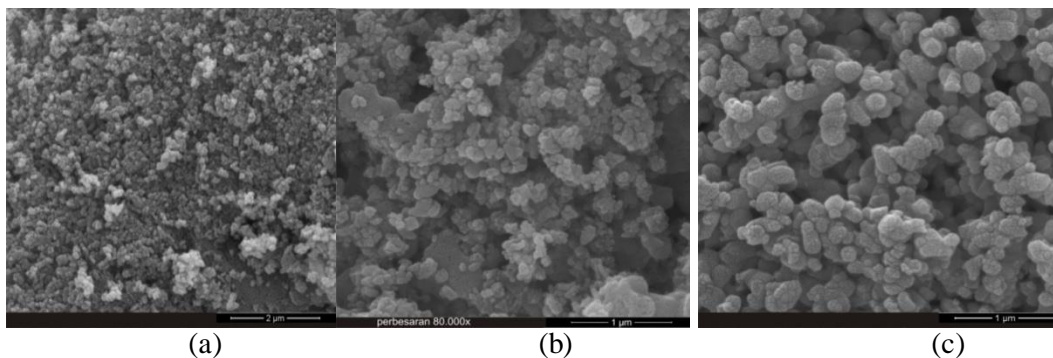
Dari difraktogram pada Gambar 2 dapat ditentukan nilai lebar setengah puncak atau *Full Width Half Maximum* (FWHM). FWHM ini digunakan untuk menentukan besarnya ukuran kristal menggunakan persamaan Scherrer yang ada pada Persamaan 2. Dalam menentukan nilai FWHM. Selain ukuran kristal, dapat ditentukan pula parameter kisi dan derajat kristalinitas. Tabel 2 merupakan hasil perhitungan ukuran kristal, parameter kisi dan derajat kristalinitas dari hasil difraktogram.

Tabel 2. Variasi suhu sintering terhadap ukuran kristal, parameter kisi dan derajat kristalinitas

Suhu sintering	Ukuran kristal (nm) (1 1 0)	Parameter kisi a=b=c (Å)	Derajat kristalinitas (%)
700	24,4	3,91	95,2
800	26,1	3,91	97,9
900	33,0	3,91	98,3

Pada Tabel 2 terlihat bahwa variasi suhu sintering mempengaruhi ukuran kristal, dan derajat kristalinitas dari sampel. Semakin besar suhu sintering yang diberikan, dan derajat kristalinitas yang terbentuk juga semakin besar. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu sintering yang diberikan terhadap sampel, energi yang diterima oleh atom semakin besar untuk berdifusi dan beraglomerasi. Sehingga ukuran kristal yang terbentuk semakin besar dan ikatan antar atom semakin kuat dan teratur [1]. Selain itu, suhu sintering tidak mempengaruhi parameter kisi sehingga tidak mempengaruhi struktur kristal SrTiO₃.

Karakterisasi morfologi *bulk* SrTiO₃ diuji menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gambar 4.2 menunjukkan morfologi permukaan *bulk* menggunakan perbesaran 80.000 kali dengan variasi suhu sintering.

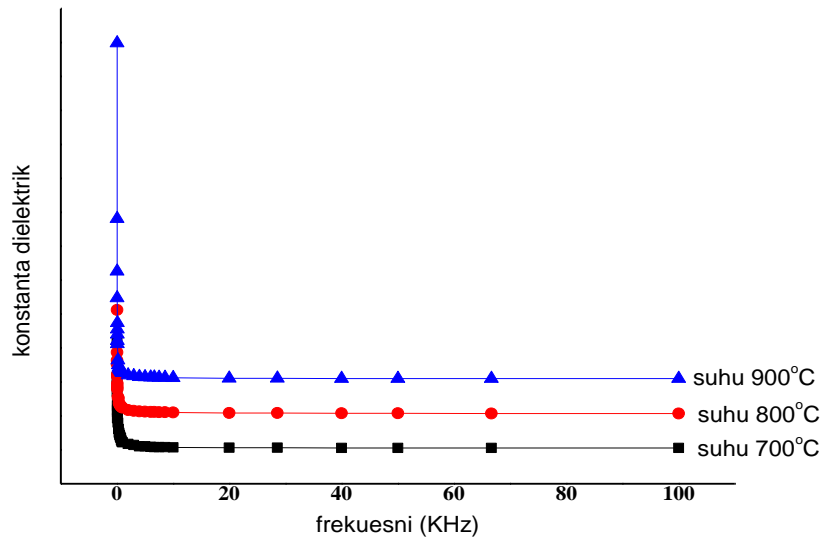
**Gambar 3.** Foto SEM SrTiO₃ (a) suhu 700°C (b) suhu 800°C (c) suhu 900°C

Nilai ukuran butir sampel SrTiO₃ yang disintering dengan variasi 700°C, 800°C, dan 900°C dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 3. Nilai Ukuran Butir rata-rata SrTiO₃ dengan Variasi Suhu Sintering

Suhu Sintering (°C)	Ukuran Butir Rata-Rata (nm)
700	76,0±8,00
800	87,0±9,00
900	175±18,0

Konstanta dielektrik SrTiO_3 dapat diketahui setelah melakukan uji sampel menggunakan instrumen RLC meter. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara konstanta dielektrik terhadap frekuensi dengan variasi suhu sintering.

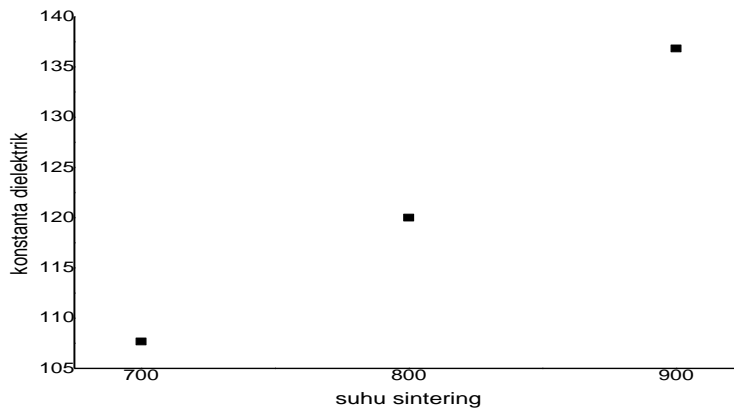


Gambar 4. (color online) Grafik konstanta dielektrik SrTiO_3 terhadap perubahan frekuensi dengan variasi suhu sintering

Gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi yang diberikan, maka semakin kecil nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan. Besarnya nilai konstanta dielektrik pada frekuensi 1 KHz dengan variasi suhu sintering ditunjukkan pada Tabel 4.

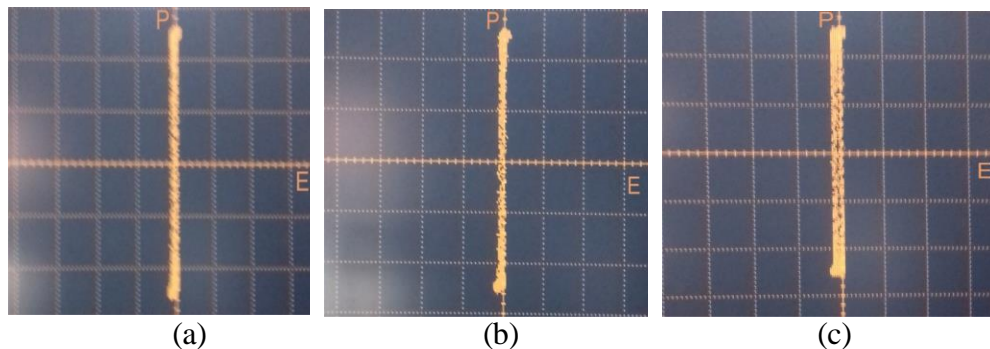
Tabel 4. Nilai Konstanta Dielektrik SrTiO_3 pada frekuensi 1 KHz

Suhu Sintering (°C)	Konstanta dielektrik
700	108 ± 17
800	120 ± 19
900	137 ± 22



Gambar 5. Grafik hubungan konstanta dielektrik terhadap suhu sintering

Perbedaan suhu sintering menyebabkan perubahan nilai konstanta dielektrik dari sampel. Semakin besar suhu sintering, semakin besar nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan seperti pada Gambar 5. Hal ini disebabkan karena suhu sintering berpengaruh terhadap ukuran butir yang dihasilkan. Semakin besar suhu, energi yang diterima atom-atom untuk Hasil pengujian berupa data kualitatif dalam bentuk kurva histerisis yang ditunjukkan pada Gambar 6. Proses difusi dan aglomerasi semakin besar dan menyebabkan ukuran butir semakin besar.



Gambar 6. (*color online*) Karakteristik SrTiO_3 dengan variasi suhu (a) 700°C (b) 800°C (c) 900°C

Gambar 6 menunjukkan bahwa respon polarisasi dari medan listrik secara kualitatif yang diberikan tidak menunjukkan pola histerisis. Dengan demikian, sampel SrTiO_3 bukanlah material ferroelektrik karena tidak menunjukkan kurva histerisis. Hal ini juga didukung dengan hasil karakterisasi kekristalan sampel yang telah dibahas sebelumnya. Berdasarkan data tersebut, struktur kristal dari sampel SrTiO_3 merupakan kubus. Hal ini menunjukkan bahwa sampel SrTiO_3 bersifat paraelektrik.

KESIMPULAN

SrTiO₃ telah disintesis menggunakan metode co-precipitation dengan variasi suhu sintering 700°C, 800°C, dan 900°C. Suhu sintering mempengaruhi struktur mikro, morfologi dan konstanta dielektrik dari SrTiO₃. Semakin besar suhu sintering yang diberikan, ukuran kristal derajat kristalinitas, ukuran butir, dan nilai konstanta dielektrik semakin besar. Nilai konstanta dielektrik terbesar pada frekuensi 1 KHz dan suhu 900°C adalah 137.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Callister, W.D., (2007). *Materials Science and Engineering. An Introduction*. The University of Utah: Department of Metallurgical Engineering
- 2 Gao, F., Yang, S., Li, J., Qin, M., Zhang, Y., Sun, H. (2014). Fabrication, dielectric, and thermoelectric properties of textured SrTiO₃ ceramics prepared by RTGG method. *Ceramics International* 41 (2015)127-135
- 3 Goncalves, R.F., Moura, A.P., Godinho, M.J., Longo, E., Machado, M.A.D., De Castro, D.A., Li, M.S., Marques, A.P.A., (2014). Crystal growth and photoluminescence of europium-doped strontium titanate prepared by microwave hydrothermal method. *Ceramics International*
- 4 Olivia, W., Faqiang, Z., Feng, L., Yongxiang. (2015). Morphological and phase analysis during the synthesis of Bi₇Ti₄NbO₂₁ by co-precipitation method. *Ceramic International*, S41-S46
- 5 Zhang, Y., Zhong, Li., Duan, D.. (2015). Single-step hydrothermal synthesis of strontium titanate nanoparticles from crystalline anatase titanium dioxide. *Ceramics International* 41 (2015) 13516-13524