

# SINTESIS DAN KARAKTERISASI XRD BAHAN KERAMIK $\text{Ca}_{0,95}\text{Ba}_{0,05}\text{TiO}_3$ MELALUI METODE KOPRESIPITASI

Anthon Toim<sup>1\*)</sup>, dan S.Suasromo<sup>2</sup>

Jurusan Fisika FMIPA-ITS, Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya 60111

\*) Ant0n\_t0bel0@yahoo.co.id

## Abstrak

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI XRD BAHAN KERAMIK  $\text{Ca}_{0,95}\text{Ba}_{0,05}\text{TiO}_3$  MELALUI METODE KOPRESIPITASI.** Bahan Keramik Kalsium Barium Titanat ( $\text{CaBaTiO}_3$ ) telah disintesis melalui metode kopresipitasi. Sintesis bahan Keramik  $\text{CaBaTiO}_3$  menggunakan bahan baku  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  disuplai dengan E.merk dengan tingkat 'reagen grade'. Bubuk  $\text{CaBaTiO}_3$  dikalsinasi pada suhu 700°C, 800°C, dan 900°C ditahan selama 4 jam. Kalsinasi bubuk  $\text{CaBaTiO}_3$  mengacu pada hasil uji termal DTA. Selanjutnya bubuk  $\text{CaBaTiO}_3$  yang telah dikalsinasi pada suhu 900°C, dibuat pelet dengan ukuran diameter 10,662 mm, tebal 2,844 mm, kemudian disinter pada suhu 1200°C, 1300°C, dan 1400 °C ditahan selama 4 jam. Sampel tersebut dianalisis melalui difraksi sinar-X untuk mengetahui fasa yang terjadi setelah perlakuan panas dan untuk mengetahui parameter kisi kristalin. Teknik identifikasi fasa kristalin yang terbentuk setelah perlakuan panas dengan 'search matched' yaitu teknik pencocokkan data difraksi dengan data base dengan perangkat lunak *Philps X'pert HighScorePlus*, kemudian dilakukan analisis rietveld dengan perangkat lunak *rietica*. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa Bahan keramik  $\text{CaBaTiO}_3$  terbentuk fasa tunggal pada suhu sinter 1400°C berstruktur perovskite dengan space group  $\text{Pnma}(62)$  dan parameter kisi  $a = 5,30299 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,46031 \text{ \AA}$ , dan  $c = 7,60411 \text{ \AA}$ .  $\text{CaTiO}_3$  pada suhu sinter 1400 °C berstruktur perovskite dengan space group  $\text{Pbnm}(62)$  dan parameter kisi  $a = 5,38062 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,43827 \text{ \AA}$ , dan  $c = 7,64439 \text{ \AA}$  sedangkan untuk bubuk  $\text{CaBaTiO}_3$  pada suhu kalsinasi 900°C berstruktur perovskite dengan space group  $\text{Pbnm}(62)$  dan parameter kisi  $a = 5,39672 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,44062 \text{ \AA}$ , dan  $c = 7,63639 \text{ \AA}$ .

*Kata Kunci:  $\text{CaBaTiO}_3$ , Kopresipitasi, difraksi sinar-x*

## Abstract

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION XRD OF CERAMIK MATERIALS  $\text{Ca}_{0,95}\text{Ba}_{0,05}\text{TiO}_3$  BY COPRECIPITATION METHOD.** Calsium Barium Titanate of ceramic materials ( $\text{CaBaTiO}_3$ ) has been synthesized by coprecipitation method. Synthesis of Ceramic materials  $\text{CaBaTiO}_3$  using  $\text{TiCl}_4$  raw materials,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , and  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  was supplied by E.Merk with level 'reagent grade'.  $\text{CaBaTiO}_3$  powders calcined at temperature of 700°C, 800°C, and 900°C for two hours. Calcination powder  $\text{CaBaTiO}_3$  refers to the result of Thermal analysis (DTA).  $\text{CaBaTiO}_3$  was formed at calcination temperature of 900°C afterword pellets was made with a diameter of 10,662 mm, 2,844 mm thick, and then sintered at temperatur 1200 °C, 1300 °C, and 1400 °C for 4 hours. The samples were analyzed by X-ray diffraction to determine the phase after heat treatment and to determine the crystalline lattice. Phase identification after heat treatment know as 'search matched' was caried out by *Philps X'pert HighScorePlus* software, afterword crystal analysis using *rietica* software. The result of the analysis showed the ceramic materials  $\text{CaBaTiO}_3$  form a single phase at the sintering temperatur of 1400°C perovskite structure with space group  $\text{Pnma}(62)$  and lattice parameter  $a = 5,30299 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,46031 \text{ \AA}$ , and  $c = 7,60411 \text{ \AA}$ . and powder  $\text{CaBaTiO}_3$  at calcination temperature of 900 °C perovskite structure with space group  $\text{Pbnm}(62)$  and lattice parameter  $a = 5,39672 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,44062 \text{ \AA}$ , and  $c = 7,64439 \text{ \AA}$ .

*Keyword:  $\text{CaBaTiO}_3$ , Coprecipitation, X-ray diffraction*

## 1. Pendahuluan

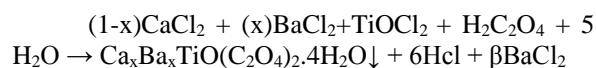
Bahan keramik merupakan salah satu material dengan struktur yang menarik karena memiliki karakteristik seperti kapasitas panas yang baik dan konduktivitas panas yang rendah[1]. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi modern saat ini dalam dunia elektronika menarik para konsumen untuk memperoleh perangkat elektronika yang berukuran kecil dan sederhana namun memiliki performa yang prima. Barium Titanat mempunyai struktur perovskite yang polimorf terhadap suhu, yaitu *rhombohedral* pada suhu lebih kecil  $-90^{\circ}\text{C}$ , *orthorombik* pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $(-90^{\circ}\text{C})$ , tetragonal pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $130^{\circ}\text{C}$ , dan kubik pada suhu lebih besar dari  $130^{\circ}\text{C}$ [2]. Kalsium titanat ( $\text{CaTiO}_3$ ) berstruktur perovskite merupakan bahan yang menjanjikan untuk operasi peralatan komunikasi, pada frekuensi gelombang mikro, karena memiliki konstanta dielektrik ( $Q \times f$ ) yang tinggi dan koefisien suhu ( $\tau_f$ ) yang besar[3]. Selain itu  $\text{CaTiO}_3$  digunakan sebagai foto katalis pada dekomposisi air dibawah radiasi sinar ultra violet (UV)[4]. Pada penelitian ini dilakukan sintesis  $\text{Ca}_{1-x}\text{Ba}_x\text{TiO}_3$  (CBT) dengan penambahan Ba yang disuplai dari bahan baku bubuk  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (merk 10326). Pembuatan  $\text{BaTiO}_3$  dan  $\text{CaTiO}_3$  telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dengan berbagai metode diantaranya metode sol-gel (Holliday and Stanishevsky, 2004; Zhang, *et al.*, 2008), metode kopresipitasi (Gopalakrishna, *et al.*, 1975), metode *hydrothermal* (Wang, *et al.*, 2007; Takeshi Ono, *et al.*, 2007), metode *polimerization* (F.V Motta, *et al.*, 2007), dan metode *polymeric precursor* (Pan *et al.*, 2003). Pada penelitian ini dilakukan sintesis CBT dengan metode kopresipitasi dengan temperatur sinter tertentu sehingga diharapkan dapat diperoleh fasa CBT.

## 2. Metode Penelitian

$\text{Ca}_{1-x}\text{Ba}_x\text{TiO}_3$  disintesis dengan metode Kopresipitasi Oksalat. Digunakan bahan baku  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  disuplai dengan E.merk dengan tingkat 'reagen grade'. Persiapan bahan dasar untuk membentuk perkursor  $[(1-x)\text{Ca}/x\text{Ba}]\text{TiO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dengan x bervariasi Masing masing prekursor ditimbang dengan komposisi 0,01 mol  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol  $\text{BaCl}_2$ , 0,01 mol  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , dan 0,01 mol  $\text{TiCl}_4$ . Sintesis dilakukan dengan melarutkan serbuk  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ke dalam air sebanyak 68 ml diaduk dengan magnetik stirer selama

60 menit, dengan suhu dipertahankan antara  $40 - 45^{\circ}\text{C}$ , hingga larutan menjadi jernih dan tidak terlihat lagi partikelnya. yang selanjutnya disebut dengan Larutan I. Kemudian melarutkan Serbuk  $\text{CaCl}_2$  ke dalam air sebanyak 60,8 ml diaduk dengan magnetik stirrer selama 60 menit, dengan suhu dipertahankan antara  $40 - 45^{\circ}\text{C}$  hingga larutan jernih dan tidak terlihat partikelnya, yang selanjutnya disebut sebagai Larutan II. Kemudian serbuk  $\text{BaCl}_2$  dilarutkan ke dalam air 3,2 ml diaduk dengan magnetik stirrer selama 60 menit, dengan suhu dipertahankan antara  $40 - 45^{\circ}\text{C}$  hingga larutan menjadi jernih dan tidak terlihat partikel, yang selanjutnya disebut sebagai Larutan III. Kemudian membuat larutan  $\text{TiCl}_4$  yang direaksikan dengan air sebanyak 20 ml, reaksi ini sangat radikal sehingga dilakukan dengan sangat hati-hati. Larutan yang telah terjadi kemudian didinginkan. Larutan ini disebut dengan larutan IV.

Larutan II, III, dan Larutan IV ditambahkan secara langsung ke dalam larutan I dengan temperatur tetap dipertahankan  $40 - 45^{\circ}\text{C}$ . Reaksi pembentukan perkursor menurut :



Selama proses reaksi diaduk dengan magnetik stirer selama 120 menit sedemikian hingga reaksi telah berjalan sempurna. Endapan selanjutnya dipisahkan dengan saringan Buhner dengan Kertas Whatman 40/42 yang dibarengi dengan pencucian hingga test  $\text{AgNO}_3$  pada air buangan negatif (tidak ditemukan endapan) kemudian dikeringkan dalam oven pada  $T = 110^{\circ}\text{C}$ . yang diikuti dengan uji DTA/TGA untuk mengetahui temperatur kalsinasi. Kemudian dilanjutkan dengan kalsinasi pada temperatur  $700^{\circ}\text{C}$ ,  $800^{\circ}\text{C}$ , dan  $900^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Untuk mengetahui karakteristik fasa dari material yang telah dikalsinasi dilakukan uji difraksi sinar-x (XRD) dengan radiasi  $\text{CuK}\alpha = 1,54060\text{\AA}$  pada tegangan arus terpasang 40 kV dan 30 mA. Selanjutnya material terkalsinasi  $900^{\circ}\text{C}$  dibuat dalam bentuk pelet dengan ukuran diameter 10,662 mm, tebal 2,844 mm, kemudian disinter pada suhu  $1200^{\circ}\text{C}$ ,  $1300^{\circ}\text{C}$ , dan  $1400^{\circ}\text{C}$  Selama 4 jam. dilanjutkan analisis identifikasi fasa dengan perangkat lunak match dan perhitungan komposisi fasa menggunakan metode Rietveld melalui perangkat lunak Rietica.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### A. Analisis Thermal (*Thermal Analysis*)

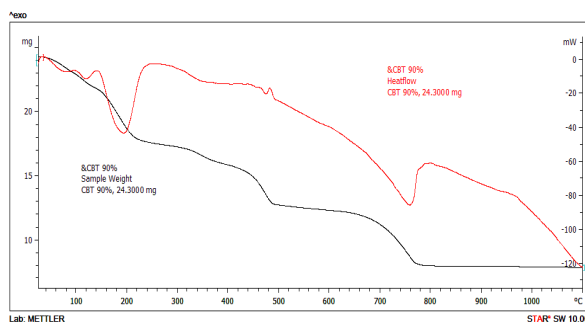
Untuk mempelajari fenomena termal dari perkursor yang dipanasi, dilakukan analisa termogravimetrik (TGA) dan analisa diferensial termik (DTA)[5] yang

dilaksanakan secara simultan dengan perangkat simadzu DT30 pada laju kenaikan panas 10°/menit. TGA adalah termobalans, mengamati perubahan masa dari sampel selama pemanasan, sedangkan DTA mengamati perbedaan temperatur antara sampel dengan referensi, dalam hal ini Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Terjadinya kehilangan massa pada serbuk di indikasikan ada dua hal yakni terjadinya transformasi dengan pelepasan ikatan kimia sehingga pada saat ikatannya lepas atomnya terpisah dan mengakibatkan massa atom berubah atau berkurang[5], kedua menguapnya beberapa garam impuritas dalam serbuk. Dari hasil analisis DTA/TGA dari bubuk yang ditunjukan dalam gambar 1 menunjukkan tiga peristiwa termal.

Pertama, peristiwa endotermik pada suhu T < 220°C yang diikuti oleh pengurangan massa sebesar 26,44% yang terjadi karena penguapan sisa air yang terperangkap dalam rongga (*cavity*) antar butir dan dehidrasi.

Kedua, pada suhu antara T = 220°C dan 500°C teramati adanya pengurangan massa yang diikuti oleh fenomena eksotermik. apabila pada suhu 220°C dijadikan sebagai acuan baru maka pengurangan massa di sini sebesar 29,03%. Pada daerah temperatur ini terjadi dekomposisi pembakaran dan hasilnya suatu ikatan karbonat campuran.



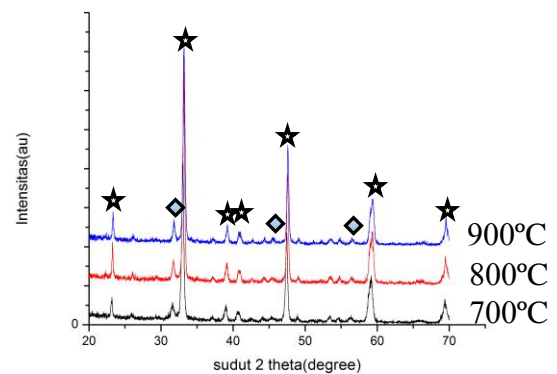
Gambar 1. Kurva DTA/TGA sampel CaBaTiO<sub>3</sub>.

Ketiga, fenomena termal dimana terdapat pengurangan massa sebesar 36,85% yang diikuti oleh peristiwa endotermik. Hal ini berkaitan dengan pelepasan carbonat menjadi CO<sub>2</sub> gas serta pembentukan CaTiO<sub>3</sub>. Hasil Analisis DTA/TGA menunjukkan bahwa massa lebih stabil di atas suhu 700°C sehingga peneliti memilih suhu kalsinasi dengan variasi suhu 700°C, 800°C, dan 900°C selama 4 jam.

## B. Identifikasi fasa.

### ● Ca<sub>0,95</sub>Ba<sub>0,05</sub>TiO<sub>3</sub> (CBT) Optimasi Suhu

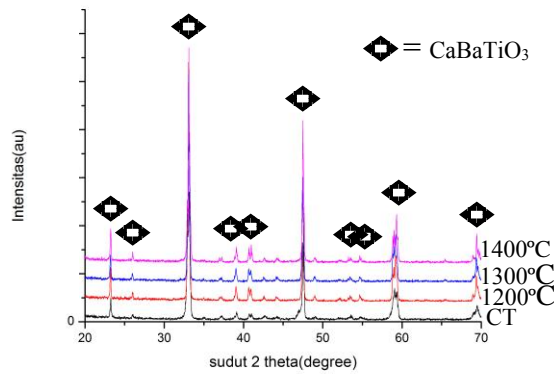
Dari proses sintesis seperti yang diuraikan di atas, Gambar 2 menunjukkan pola difraksi sinar x CBT dengan variasi suhu kalsinasi 700°C, 800°C, dan 900°C selama 4 jam. Hasil analisis serach match pada suhu 700°C dan 800°C, dan 900°C menunjukkan terdapat dua fasa yaitu CaTiO<sub>3</sub> dan BaTiO<sub>3</sub> dengan perbandingan persentase 90:20. Masih adanya dua fasa yang terbentuk dalam pola difraksi tersebut menunjukkan bahwa residu Ti dan Ca yang belum bereaksi sempurna untuk membentuk keramik CBT.



Gambar 2. Pola XRD, bubuk CBT kalsinasi 700°C, 800°C, dan 900°C selama 4 jam (◇ = BaTiO<sub>3</sub>,

★ = CaTiO<sub>3</sub>)

Selanjutnya bubuk dibentuk dalam bentuk pellet dengan ukuran diameter 10,662 mm dengan tebal 2,844 mm dan disinter pada suhu 1200°C, 1300°C dan 1400°C. Hasil uji XRD ditunjukkan dalam gambar 3 dimana pola difraksi sinar x menunjukkan bahwa puncak intensitas BaTiO<sub>3</sub> sudah tidak ada dan membentuk satu fasa. Perubahan Intensitas difraksi teramati misalnya untuk sudut 2 theta = 42° dan 60° pada sampel tanpa doping dengan suhu kalsinasi 900°C puncak sebelah kiri intensitasnya lebih tinggi dari pada puncak sebelah kanan. Tetapi pada saat diber tambahan Ba dan disinter pada suhu 1200°C - 1400°C terjadi perubahan bentuk yaitu puncak sebelah kiri Intensitasnya lebih kecil dibandingkan dengan puncak sebelah kanan. Perubahan Intensitas ini secara kualitatif menunjukkan adanya substitusi Ba<sup>2+</sup> terhadap Ca<sup>2+</sup>. Terbentuknya satu fasa kristal artinya metode kopresipitasi dapat dijadikan solusi untuk pembentukan material keramik CBT.



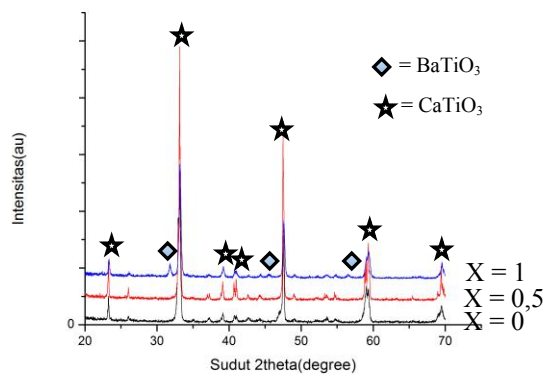
**Gambar 3.** Pola XRD, pelet CT 1400°C, CBT pada temperatur sinter 1200°C, 1300°C, dan 1400°C selama 4 jam .

**Gambar 4.** Pola XRD, bubuk  $Ca_{1-x}B_xTiO_3$  dengan  $x = 0, x = 0,5$  dan  $x = 1$  temperatur sinter 1400°C selama 4 jam

Analisis selanjutnya dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Rietica. Pemodelan data terhitung dilakukan sesuai dengan data ICSD sesuai dengan kandungan fasa dalam sampel CBT. Selanjutnya dilakukan penghalusan (*refinement*) terhadap parameter-parameter terhitung terhadap pola terukur hasil uji XRD. Proses penghalusan dengan rietica meliputi latar belakang (background, B0, B1, B2, B3), sample displacement, parameter kisi (a, b, c faktor skala, parameter lorentzian, asimetri dan preferred orientation). Hasil Luaran rietica ditunjukkan dalam tabel 1.

●  $Ca_{0,95}Ba_{0,05}TiO_3$  (CBT) Optimasi Penambahan Ba.

Gambar 4 menunjukkan pola difraksi sinar X  $Ca_{1-x}Ba_xTiO_3$  dengan  $x = 0, x = 0,5$  dan  $x = 1$ . Munculnya fasa baru seiring dengan penambahan persentasi mol Ba menandakan bahwa semakin banyak Ba yang ditambahkan ke dalam perkusor  $CaBaTiO_3$  maka semakin sulit terjadinya reaksi atau substitusi  $Ba^{2+}$  terhadap  $Ca^{2+}$  pembentukan material keramik CBT hanya mungkin terjadi pada variasi penambahan Ba lebih kecil dari 1 wt %.



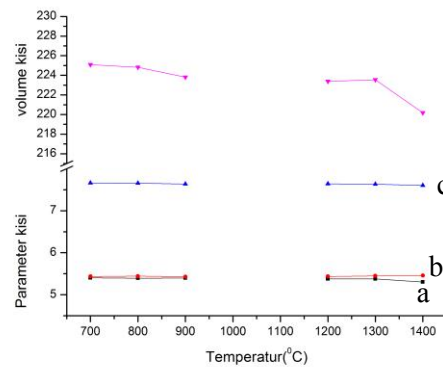
**Tabel 1.** FoM (figures of Merit) Luaran hasil penghalusan dengan metode Rietveld pada perangkat lunak Rietica .

No.	Sampel	Figures of Merit			gof
		Rp (%)	Rwp (%)	Rbrag	
1	$Ca_{0,95}Ba_{0,05}TiO_3$ (700°C)	15,35	12,40	0,45	0,78
2	$Ca_{0,95}Ba_{0,05}TiO_3$ (800°C)	14,58	11,26	0,49	0,98

3	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (900°C)	15,88	13,06	0,37	0,10
4	CaTiO <sub>3</sub> (1400°C)	13,89	9,62	0,82	0,10
5	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (1200°C)	13,31	9,90	0,15	0,19
6	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (1300°C)	12,40	8,85	0,14	0,11
7	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (1400°C)	16,03	15,53	0,27	0,36

Contoh gambarl penghalusan dengan rietica pada jangkauan 2 theta 20° - 70° ditampilkan dalam gambar 6 yang menunjukkan selisih plot antara pola terhitung dan pola terukur relatif kecil. parameter kisi disajikan dalam tabel 2. syarat-syarat penghalusan agar supaya hasilnya dapat diterima adalah nilai Gof < 4% dan Rp < 20 % [5]. Dari tabel 1 kita dapat melihat bahwa semua hasil penghalusan dapat diterima sehingga hasil luarannya dapat dilakukan analisis lebih lanjut. Tabel 2 menunjukkan nilai parameter kisi a, b, dan c, grafik parameter dan volume kisi ditunjukkan dalam gambar 5

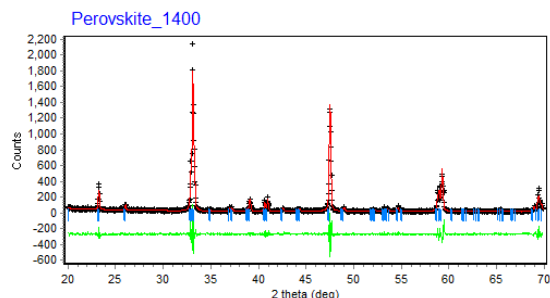
**Tabel 2.** Parameter kisi material CT dan CBT hasil penghalusan dengan metode Rietveld pada perangkat lunak rietica..



Gambar 5 Parameter dan volume kisi dari sampel CaBaTiO<sub>3</sub> pada berbagai suhu kalsinasi dan suhu sinter.

No	Sampel	a	b	c
1	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (700°C)	5,40428	5,43572	7,66214
2	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (800°C)	5,39407	5,44283	7,65758
3	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (900°C)	5,39672	5,43062	7,63639
4	CaTiO <sub>3</sub> (1400°C)	5,38062	5,43827	7,64439
5	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (1200°C)	5,37847	5,43578	7,64047
6	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (1300°C)	5,37747	5,44807	7,63042
7	Ca <sub>0,95</sub> Ba <sub>0,5</sub> TiO <sub>3</sub> (1400°C)	5,30299	5,46031	7,60411

Dari gambar di atas menunjukkan bahwa parameter dan volume kisi mengalami penurunan seiring dengan kenaikan suhu kalsinasi maupun suhu sintering. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi reduksi porositas sehingga atom-atom saling terkait satu sama lainnya membentuk struktur yang lebih padat dan mampat. Ketika struktur semakin padat dan mampat, yang disebabkan oleh parameter kisi semakin kecil maka jarak antar atom semakin dekat hal ini juga menunjukkan bahwa volume kisinya juga semakin kecil. Semakin tinggi suhu maka atom-atom akan tersusun semakin sempurna dan membentuk paduan keramik yang semakin baik



Gambar 6. Contoh pola akhir penghalusan yang diperoleh dari perangkat lunak rietica pada sampel CBT dengan rasio perbandingan  $(Ca+Ba):Ti(0,95+0,5):1$  wt%. Ket:puncak warna merah adalah pola difraksi terhitung, (+++) adalah pola difraksi terukur, garis tegak berwarna biru menunjukkan posisi masing-masing puncak dan kurva warna hijau adalah perbedaan pola difraksi terhitung dan terukur. Gof untuk pencocokkan ini adalah 0,367

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa metode kopresipitasi dapat dijadikan solusi untuk menghasilkan keramik paduan CBT. Sintesis CBT menggunakan metode kopresipitasi dapat diperoleh dengan rasio perbandingan wt%  $(Ca+Ba):Ti(0,95+0,5):1$ . Semakin besar fraksi berat Ba yang ditambahkan, semakin sulit untuk bereaksi dengan Ca, sehingga menghasilkan fasa baru atau *biphase* yakni  $CaTiO_3$ , dan  $BaTiO_3$ .

#### Ucapan Terimakasih

Penulis Anthon Toim mengucapkan Terima Kasih kepada Pemerintah daerah Kabupaten Halmahera Utara atas bantuan dana yang diberikan untuk penelitian ini, dan terhadap Pihak Laboratorium Bahan Keramik Institut Teknologi Sepuluh November, yang bisa dijadikan tempat penelitian.

#### Daftar Acuan

- [1] Erna Hastuti, Suasmoro (2006) "Pengaruh Pendopongan  $Y_2O_3$  terhadap Struktur Relaksasi Dipole  $Ba_{0,95}Sr_{0,05}TiO_3$ " Jurnal sains materi Indonesia Vol 7 No.2 tahun 2006. Hal. 10 - 14
- [2] Roushown Ali, Masatomo Yashima, (2005) "Space group and Crystal structure of the Perovskite  $CaTiO_3$  from 296 to 1720 K" Journal of Solid State Chemistry 178 (2005) hal 2867 - 2872
- [3] Ahmet Faik Demirors and Arnolut Imhof (2009) " $BaTiO_3$ ,  $SrTiO_3$ ,  $CaTiO_3$  and  $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$  Particles: A General Approach for Monodisperse Colloida Perovskites" Chemistry of Materials article (2009). Hal. 3002 - 3007
- [4] E.H Kisi "Rietveld analysis of powder diffraction" material forum 18:p(19940 135 - 162
- [5] Suasmoro. *Feroelektrik Barium Stronsium Titanat*. 1st ed. Institut teknologi Sepuluh Nopember (2012),