

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BERSTRUKTUR AURIVILLIUS LIMA LAPIS TIPE  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  DAN  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  DAN PENENTUAN SIFAT FEROELEKTRIKNYA**

Edi Mikrianto

*Ida Yanti; Dewi Wahyuni; Rahmawati; Firdaus Husna; Noveasari; Khairul Nuryanti*  
 Program Studi Kimia, FMIPA Universitas Lambung Mangkurat  
 Jl. A. Yani 35,8 Banjarbaru Kalimantan Selatan  
 e-mail (mikrianto@yahoo.co.uk)

**ABSTRAK**

Oksida Aurivillius dengan rumus,  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  telah disintesis dengan metode reaksi kimia padat. Oksida Aurivillius yang diperoleh berupa padatan polikristalin. Oksida hasil sintesis berwarna abu kekuningan untuk  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan coklat untuk  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ . Penentuan tipe struktur kristal dilakukan menggunakan data difraksi sinar-X serbuk dan penelusuran struktur dengan program Phasax dengan data base PDF. Hasil analisis difraktogram menunjukkan bahwa senyawa-senyawa yang diperoleh berstruktur Aurivillius fasa tunggal mempunyai group ruang  $A2_1am$  sistim kristal ortorombik dengan parameter sel satuan masing-masing  $a = 5,5546(2) \text{ \AA}$ ,  $b = 5,5309(3) \text{ \AA}$  dan  $c = 50,7374(2) \text{ \AA}$  untuk oksida  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan  $a = 5,430(1) \text{ \AA}$ ,  $b = 5,458(4) \text{ \AA}$  dan  $c = 50,932(1) \text{ \AA}$  untuk oksida Aurivillius tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ . Berdasarkan hasil pengukuran sifat feroelektrik senyawa-senyawa oksida  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  nilai  $P_s$  (polarisasi saturation) adalah  $16,2 \mu\text{Ccm}^{-2}$  dan nilai  $Pr(+)$  dan  $Pr(-)$  (polarisasi remanen) masing-masing adalah  $5,00 \mu\text{Ccm}^{-2}$  dan  $5,10 \mu\text{Ccm}^{-2}$ , dengan nilai  $K_{ef}$  dan kapansitansinya masing-masing adalah  $192,083$  dan  $264,2567 \text{ nF}$  untuk  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  serta  $234,962$  dan  $295,2404 \text{ nF}$  untuk  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ .

**Kata Kunci** : Aurivillius, feroelektrik, polikristalin, difraksi sinar-X, reaksi kimia padat.

**ABSTRACT**

Aurivillius oxides having formulas of  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  and  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  have been synthesized by using the solid state reaction. The oxides obtained were polycrystallin solid. The oxides were gray for  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  and brown for  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ . Structure type determination was carried out using Phasax software and PDF data base. It can be concluded that  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  and  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  adopted orthorombic crystal system and space group  $A2_1am$  with unit cell parameter  $a = 5.5546(2) \text{ \AA}$ ,  $b = 5.5309(3) \text{ \AA}$  dan  $c = 50.7374(2) \text{ \AA}$  for  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  and  $a = 5.430(1) \text{ \AA}$ ,  $b = 5.458(4) \text{ \AA}$  dan  $c = 50.932(1) \text{ \AA}$  for aurivillius oxide  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ . Ferroelectric properties were investigated. All oxides have saturation polarization ( $P_s$ )  $16.2 \mu\text{Ccm}^{-2}$  and polarization remanent  $Pr(+)$  and  $Pr(-)$   $5.00 \mu\text{Ccm}^{-2}$  for  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  and  $5.10 \mu\text{Ccm}^{-2}$  for  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ . Value of  $K_{ef}$  and capacitancy is  $192,083$  dan  $264,2567 \text{ nF}$  for  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ ,  $234,962$  and  $295.2404 \text{ nF}$  for  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ .

**Keywords** : Aurivillius, ferroelectric, polycrystallin, X-Ray diffraction, solid state reaction.

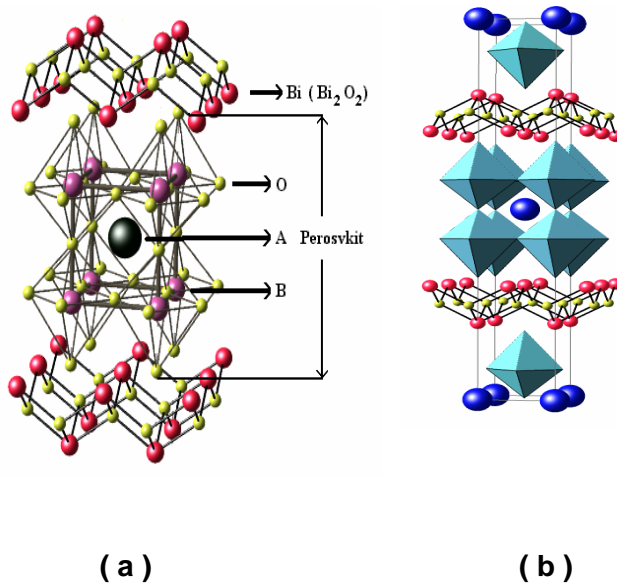
## PENDAHULUAN

Oksida logam Aurivillius merupakan suatu senyawa oksida yang terdiri dari struktur berlapis yang tumbuh secara teratur yang terbentuk dari  $[A_{n-1}B_nO_{3n+1}]^{2-}$  yang disebut dengan lapisan perovskit dan lapisan  $[Bi_2O_2]^{2+}$ . Kation A merupakan ion-ion yang bermuatan +1, +2 atau +3 yang mempunyai koordinasi dodekahedral. Kation A yang berukuran besar ini diantaranya adalah beberapa logam alkali, alkali tanah, unsur tanah jarang atau campurannya. Sedangkan kation B merupakan suatu unsur transisi dengan koordinasi oktahedral yang berukuran lebih kecil dari kation A dan n merupakan bilangan bulat ( $1 \leq n \leq 5$ ) yang menunjukkan jumlah oktahedral pada lapisan perovskit. (Stefan Borg, et al, 2002).

Struktur oksida Aurivillius, Gambar 1(a), terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan

perovskit yang berada diantara lapisan  $[Bi_2O_2]^{2+}$ . Pada lapisan perovskit  $[A_{n-1}B_nO_{3n+1}]^{2-}$ , kation B berkoordinasi enam yang berada pada pusat oktahedral oksigen. Kedelapan oktahedral kation B saling bersambungan pada ujung-ujungnya dan membentuk suatu susunan kubus. Kation A berada di dalam susunan kubus itu sehingga kation A berkoordinasi dua belas yang mengikat dua belas atom oksigen yang mengelilinginya membentuk geometri dodekahedral (Miura and Tanaka, 1998).

Oksida Aurivillius mempunyai beberapa sifat fisik yang karakteristik salah satunya adalah sifat feroelektrik. Sifat feroelektrik pertama kali diidentifikasi oleh Subbarao tahun 1960-an pada oksida Aurivillius  $ABi_2Nb_2O_9$  (A = Sr, Ba, dan Pb) yang mempunyai temperatur Curie ( $T_c$ ) masing-masing 420 °C, 210 °C dan 560 °C (Subbarao, 1962).



Gambar 1. (a) Koordinasi kation-kation dalam oksida Aurivillius; (b) Struktur oksida Aurivillius simetri  $I4/mmm$  dengan jumlah n oktahedral n = 2

Sifat feroelektrik ini sangat potensial dalam aplikasinya terutama bagi industri elektronika yang berkembang sangat cepat. Hal ini didukung oleh komponen-komponen penyusun perangkat elektronik tersebut. Banyak komponen yang berfungsi sangat penting sebagai penentu operasional pada perangkat elektronika seperti salah satunya adalah kapasitor. Kapasitor dapat dibuat dari material yang bersifat feroelektrik yang mempunyai kemampuan menahan polarisasi elektrik setelah tegangan listrik dihilangkan. Kapasitor ini juga dapat dirangkai dengan suatu transistor membentuk komponen FRAMs (*Ferroelektrik Random Acces Memorys*) yang digunakan sebagai memori komputer.

Melihat fungsinya yang penting dari senyawa oksida berstruktur Aurivillius terutama sifat feroelektriknya, maka perlu dilakukan eksplorasi terhadap oksida Aurivillius. Pada umumnya struktur Aurivillius disusun oleh kation A yang memiliki jari-jari  $\sim 1\text{\AA}$  dan kation B yang memiliki jari-jari  $\sim 0,6\text{\AA}$ . Dengan memperhatikan ukuran kation-kation pada lapisan perovskit maka masih terbuka peluang untuk melakukan sintesis oksida Aurivillius yang beragam.

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  (CBT) dan  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  (ABT) lima lapis dengan menggunakan metode reaksi kimia padat pada tekanan atmosfer. Terhadap oksida-oksida Aurivillius yang dihasilkan, dilakukan karakterisasi dengan

menggunakan metoda difraksi sinar-X (XRD). Untuk menganalisa produk yang terbentuk digunakan program Phasax dengan *database* PDF (*Powder Diffraction File*) dan metoda pengindeksan dengan program *Prozki* untuk menentukan parameter sel satuan dan indeks Miller. Untuk setiap oksida Aurivillius yang terbentuk dilakukan pengukuran sifat feroelektrik dengan metode keramik.

## METODE PENELITIAN

Oksida Aurivillius yang akan disintesis oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  (CBT) dan  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  (ABT) dibuat dengan mereaksikan oksida-oksida penyusunnya sesuai dengan stoikiometri yang diinginkan. Oksida-oksida penyusun dari oksida Aurivillius yang akan disintesis adalah  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (99,99% Aldrich),  $\text{TiO}_2$  (99,99% Aldrich),  $\text{CuCO}_3$  (99,99% Aldrich) dan  $\text{AgCO}_3$  (99,99% Aldrich). Setiap campuran yang dibuat dihomogenkan dengan penggerusan dan dengan bantuan pembasah pelarut organik aseton yang mudah menguap.

Campuran pereaksi dipanaskan pada suhu di bawah titik leleh pereaksi yang memiliki titik leleh terendah ( $\sim 100\text{ }^\circ\text{C}$  di bawah titik leleh reaktan dengan titik leleh terendah) selama 24 jam. Sampel kemudian digerus ulang dan dipanaskan ulang dengan suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  lebih tinggi dari pemanasan sebelumnya selama 24 jam. Perlakuan ini diteruskan sampai diperkirakan reaksi telah berlangsung

sempurna, yaitu jika sudah ada perubahan yang menandakan terjadinya suatu reaksi. Tanda-tanda itu antara lain berubahnya warna sampel dan tekstur (mengeras dan kasar) dari sampel. Jika reaksi telah diperkirakan terjadi, sampel dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (XRD). Jika senyawa target belum terbentuk, pemanasan dilanjutkan pada suhu yang lebih tinggi dan atau waktu pemanasan yang lebih lama dan dilakukan karakterisasi ulang. Jika senyawa target telah terbentuk dilakukan analisa produk dengan menggunakan program Phasax dengan *database PDF (Powder Diffraction File)* dan metoda pengindeksan dengan program *Prozki* untuk menentukan parameter sel satuan dan indeks Miller.

Senyawa oksida aurivillius hasil sintesis yang terbentuk dilakukan pengukuran sifat feroelektrik dengan menggunakan instrumen tipe RT66A *Feroelektrik Sistem–Radiant Technology*. Sampel dibuat dalam bentuk pelet dan dipanaskan pada temperatur  $\frac{3}{4}$  dari temperatur sintesis selama 24 jam hingga

membentuk keramik. Keramik ditambahkan pasta perak pada kedua sisi lalu kedua sisi ditempelkan kaca evaporator dan dipanaskan pada temperatur 150 °C selama 3 jam sehingga membentuk kapasitor. Seting pengukuran sifat feroelektrik dilakukan pada tegangan maksimum ( $V_{max}$ ) 7 Volt dan kapasitor pembobot 0,05  $\mu F$  dengan jumlah titik 300 buah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sintesis Oksida Aurivillius.

Senyawa baru oksida Aurivillius dengan rumus umum  $[A_{n-1}B_nO_{3n+1}]^{2-}[Bi_2O_2]^{2+}$ ; dimana (A : Cu, Ag) dan (B : Ti) dengan jumlah  $n = 5$  (lima) berhasil disintesis dengan teknik reaksi kimia padat. Teknik sintesis ini relatif sangat mudah dan sederhana yakni hanya dilakukan pencampuran secara stokiometris dari bahan-bahan yang direaksikan dan kemudian dilakukan pemanasan bertahap. Teknik ini dilakukan sebagai langkah awal sintesis dan eksplorasi senyawa lima lapis.

Tabel 1. Data pengamatan hasil sintesis

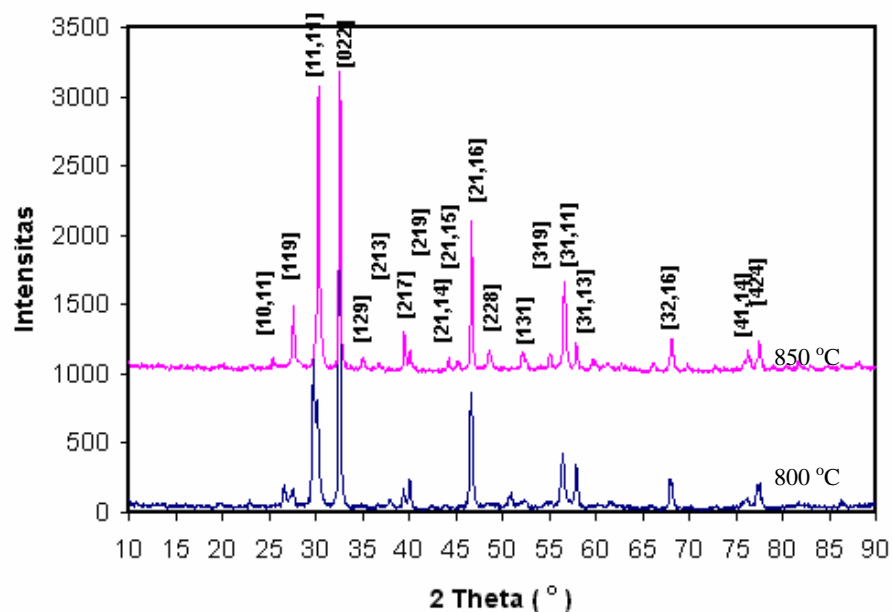
Suhu (°C) / Lama Pemanasan (jam)	Tipe Aurivillius	
	CuBi <sub>5</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>18</sub> T	AgBi <sub>5</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>18</sub>
600/24	Kuning Kecoklatan <sup>(1)</sup>	Kuning putih keabuan <sup>(1)</sup>
750/24	Kuning Coklat muda <sup>(2)</sup>	Kuning Keputihan <sup>(2)</sup>
800/24	Coklat Muda <sup>(2)</sup>	Kuning muda keabuan <sup>(2)</sup>
850/24	Coklat Muda <sup>(3)</sup>	Abu kekuningan <sup>(3)</sup>
900/24	Coklat Tua <sup>(3)</sup>	Abu kekuningan <sup>(3)</sup>
950/24	Tidak dilakukan	Abu-abu <sup>(4)</sup>

Keterangan tekstur : lembut (1); agak kasar (2); kasar (3), gumpalan (4).

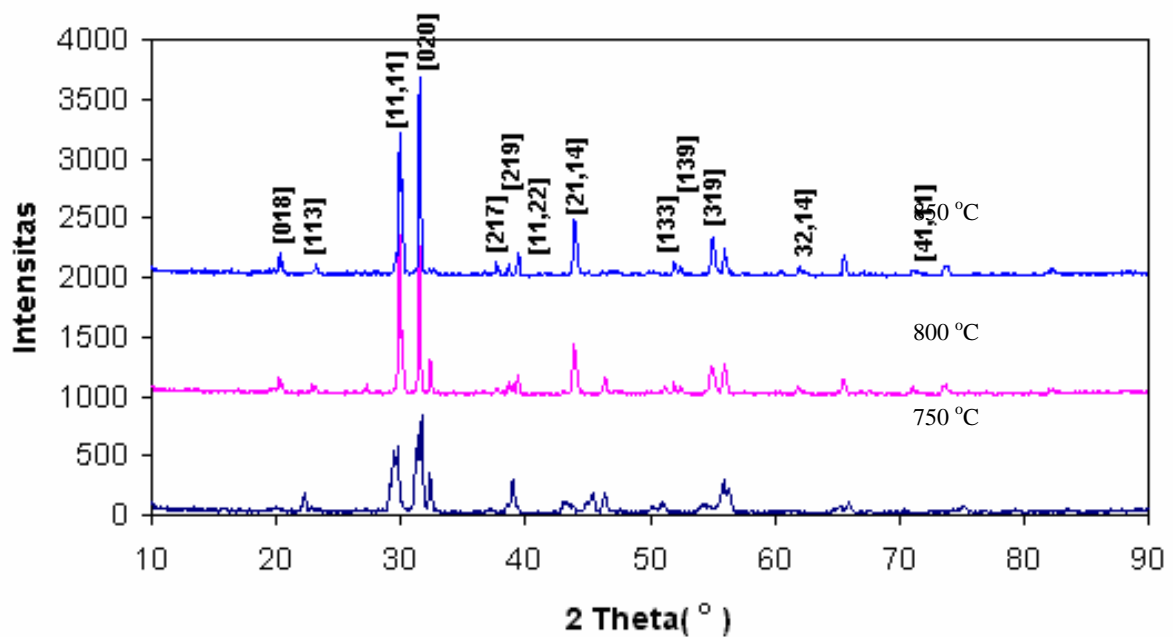
### Karakterisasi Difraksi Sinar-X

Hasil sintesis Oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  yang disintesis mengalami perubahan warna dan tekstur setelah pemanasan pada temperatur  $850\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 berwarna abu kekuningan untuk oksida aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  coklat sedikit kemerahan selanjutnya pemanasan diteruskan pada temperatur  $900\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Ketika pemanasan dilanjutkan pada temperatur  $950\text{ }^\circ\text{C}$  terjadi penggumpalan dan mengalami perubahan komposisi yang mengecil yang berarti bahwa senyawa mengalami dekomposisi. Hasil karakterisasi oksida tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  disajikan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa difraktogram pada tahap pemanasan  $800\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam memiliki puncak-puncak yang masih cukup lebar dan intensitasnya masih kecil, sedangkan pada tahap pemanasan  $850\text{ }^\circ\text{C}$

selama 24 jam difraktogram menunjukkan puncak-puncak yang tajam dan intensitas yang besar. Dari pengamatan ini dapat disimpulkan bahwa temperatur optimum sintesis untuk senyawa oksida tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  adalah  $850\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Pada oksida Aurivillius tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  terjadi perubahan warna dan tekstur pada temperatur  $850\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam berwarna abu sedikit kekuningan selanjutnya pemanasan dilanjutkan pada suhu  $900\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $950\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Hasil karakterisasi pada gambar 3 menunjukkan bahwa puncak-puncak yang tajam dengan intensitas yang tinggi ditunjukkan oleh produk sintesis pada temperatur  $850\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur  $750\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $800\text{ }^\circ\text{C}$  senyawa tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  belum terbentuk dengan sempurna atau mempunyai kristalinitas rendah.



Gambar 2. Difraktogram oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  hasil reaksi setelah pemanasan  $800\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam dan pemanasan  $850\text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam.



Gambar 3. Difraktogram oksida Aurivillius tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  hasil reaksi setelah pemanasan 750 °C, pemanasan 800 °C selama 24 jam dan pemanasan 850 °C selama 24 jam

Tabel 2. Hasil pengindeksan program Proszki parameter satuan, group ruang dan sistem kristal senyawa oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$

Parameter	Tipe Oksida Aurivillius	
	$\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$	$\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$
Sistim Kristal	ortorombik	Ortorombik
Group Ruang	$A2_1am$	$A2_1am$
Parameter sel satuan ( Å )	$a : 5,5546(2)$	$a : 5,430(1)$
	$b : 5,5309(3)$	$b : 5,458(4)$
	$c : 50,7374(2)$	$c : 50,932(1)$

Hasil penelusuran dengan menggunakan program Phasax ternyata difraktogram oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dengan data file nomor 21-0101 *data base* PDF standar yang merupakan senyawa Aurivillius lima lapis tipe  $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$  menunjukkan pola difraktogram yang mirip (lampiran A.1 dan A.2). Hasil perbandingan ini menunjukkan senyawa

Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  strukturnya mirip dengan senyawa Aurivillius *data base* tipe  $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$ . Pada difraktogram tidak ditemukan puncak-puncak fasa pengotor dari difraktogram sampel, yang menunjukkan senyawa hasil sintesis oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  adalah senyawa fasa tunggal.

Dari hasil pengindeksan dan penelusuran dengan program Phasax dihasilkan parameter sel satuan senyawa Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dengan sistim kristal ortorombik dan group ruang  $A2_1am$  yang disajikan dalam tabel 2. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut terlihat sedikit perbedaan pada parameter satuan namun masih dalam sistem kristal yang sama jika dibandingkan dengan *data base* PDF. Perbedaan masing-masing kisi tersebut semata-mata disebabkan oleh perbedaan ukuran kation-kation penyusun senyawa oksida Aurivillius.

#### Karakterisasi Sifat Feroelektrik.

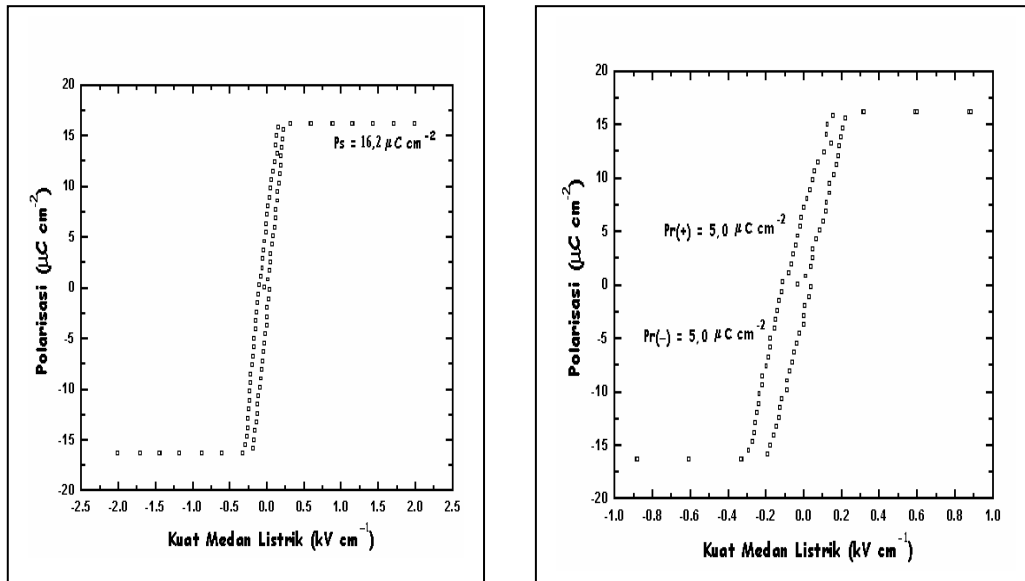
Pada senyawa Aurivillius salah satu

sifat penting yaitu feroelektrik yang digunakan sebagai pembuat kapasitor yang lebih lanjut dapat dirangkai dengan komponen transistor membentuk komponen baru yang berfungsi sebagai bahan memori komputer FRAMs. Untuk itu terhadap oksida-oksida Aurivillius hasil sintesis dilakukan pengujian sifat feroelektrik. Pengukuran sifat feroelektrik pada semua oksida Aurivillius hasil sintesis dilakukan pada  $V_{\text{max}}$  dari 7 Volt dan kapasitor pembobot  $0,05 \mu\text{F}$  dengan jumlah titik 300 buah.

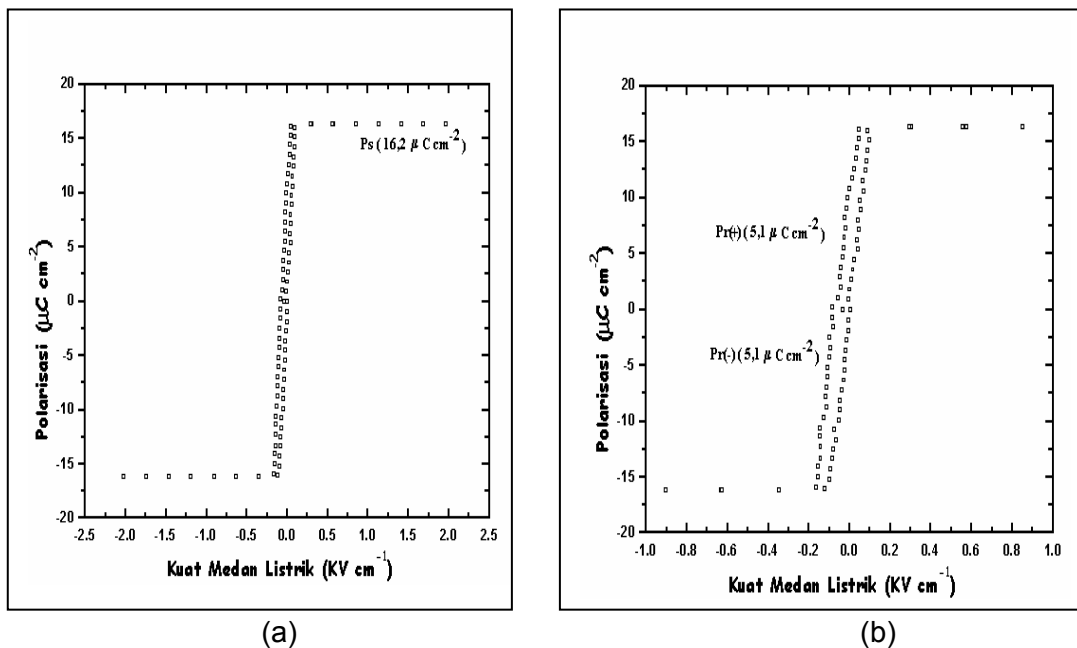
Hasil pengukuran sifat feroelektrik untuk senyawa oksida Aurivillius tipe tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  untuk jumlah lapis oktahedral lima. Data disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil pengukuran sifat feroelektrik senyawa oksida Aurivillius hasil sintesis.

No	Pengukuran	Tipe Oksida Aurivillius	
		$\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$	$\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$
1.	$V_{\text{maks}}$ (Volt)	7	7
2.	K. Pembobot ( $\mu\text{F}$ )	0,05	0,05
3.	A ( $\text{cm}^2$ )	1,54	1,54
4.	d ( $\mu\text{m}$ )	1000	1000
5.	Jumlah Titik	300	300
6.	Ps	16,2	16,2
7.	Pr(+) $\mu\text{Ccm}^{-2}$	0,050	0,051
8.	Pr(-) $\mu\text{Ccm}^{-2}$	0,050	0,051
9.	Kef	192.083	234.962
10	Kapasitansi (nF)	264,2567	295,2404



Gambar 4 (a). Pola histerisis  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dalam skala  $2,5 \text{ kVcm}^{-2}$ ; (b) Pola histerisis  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dalam skala  $1,0 \text{ kVcm}^{-2}$ . Nilai  $P_s$  adalah  $16,2 \mu\text{Ccm}^{-2}$  dan nilai  $P(+)$  dan  $P(-)$  adalah  $5,0 \mu\text{Ccm}^{-2}$ .



Gambar 5 (a). Pola histerisis  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dalam skala  $2,5 \text{ kVcm}^{-2}$ ; (b) Pola histerisis  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dalam skala  $1,0 \text{ kVcm}^{-2}$ . Nilai  $P_s$  adalah  $16,2 \mu\text{Ccm}^{-2}$  dan nilai  $P(+)$  dan  $P(-)$  adalah  $5,10 \mu\text{Ccm}^{-2}$ .



Dari hasil pengukuran polarisasi kedua senyawa Aurivillius lima lapis tipe tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  tampak bahwa pola histerisis senyawa oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  pada tahap awal dan tahap polarisasi remanen kurang menunjukkan pola yang teratur. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian arah momen dipol domain masih mempertahankan arah polarisasi awalnya karena masih terjadi interaksi kuat antar domain tetangganya yaitu dalam keadaan acak. Ketika tegangan mulai naik sekitar  $0,01 \text{ kVcm}^{-2}$  arah medan dipol sudah mulai mengalami perubahan yang searah dan sejajar hingga mencapai maksimum pada polarisasi saturation  $P_s$  sebesar  $16,2 \mu\text{Ccm}^{-2}$  pada  $V_{\text{max}} 7 \text{ volt}$ .

Berbeda dengan senyawa oksida Aurivillius  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  pada tahap awal naiknya tegangan listrik arah momen dipol sudah mulai bergeser mengikuti arah polarisasi tegangan listrik luar, demikian juga pada tahap polarisasi remanen. Sehingga polarisasi remanen kedua senyawa tersebut  $\text{Pr}(+)$  dan  $\text{Pr}(-)$  memberikan nilai yang berbeda yaitu  $5,00 \mu\text{Ccm}^{-2}$  untuk tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan  $5,10 \mu\text{Ccm}^{-2}$  dan untuk tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ .

Data ini menyarankan bahwa senyawa oksida Aurivillius tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  masih lebih baik dibanding dengan senyawa oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  yang menunjukkan lebih besar nilai polarisasi remanennya. Demikian juga untuk nilai koefisien dielektrik (*relatif*

*permittivity* ( $\epsilon_r$ )) yaitu untuk senyawa oksida Aurivillius tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  adalah 234.962 dan nilai kapasitornya sebesar 295,2404 nF lebih besar dibandingkan dengan koefisien dielektrik dan nilai kapasitor senyawa oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  sebesar 192.083 dan nilai kapasitansinya sebesar 264,2567 nF.

## KESIMPULAN

Senyawa baru oksida-oksida Aurivillius Tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ , untuk jumlah  $n$  oktahedral lima lapis pada lapisan perovskit berhasil disintesis dengan menggunakan teknik sintesis reaksi kimia fasa padat pada tekanan atmosfer. Pemanasan sintesis Oksida Aurivillius tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  disarankan pada temperatur  $850 \text{ }^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Pada kondisi ini didapatkan senyawa serbuk polikristalin berwarna abu kekuningan untuk Oksida Aurivillius tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dan coklat kemerahan untuk oksida logam tipe  $\text{CuBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$  dengan sistim kristal ortorombik, group ruang  $A2_1am$  dan parameter sel satuan adalah  $a = 5,5546(2) \text{ \AA}$ ,  $b = 5,5309(3) \text{ \AA}$  dan  $c = 50,7374(2) \text{ \AA}$ ; dan  $a = 5,430(1) \text{ \AA}$ ,  $b = 5,458(4) \text{ \AA}$  dan  $c = 50,932(1) \text{ \AA}$  untuk oksida Aurivillius tipe  $\text{AgBi}_5\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ . Berdasarkan hasil penelusuran dengan menggunakan program Phasax, tidak ditemukan fasa pengotor yang menunjukkan bahwa senyawa oksida hasil sintesis dalam keadaan fasa tunggal.

Sifat feroelektrik senyawa oksida Aurivillius hasil sintesis diukur pada tegangan maksimum  $V_{max}$  7 Volt dan kapasitor pembobot  $0,05 \mu F$ , semua senyawa oksida Aurivillius hasil sintesis memberikan nilai  $P_s$  (*polarisasi saturation*) yang sama yaitu  $16,2 \mu Ccm^{-2}$ . Pola histerisis oksida Aurivillius lima lapis tipe  $AgBi_5Ti_5O_{18}$  lebih lebar dibandingkan  $CuBi_5Ti_5O_{18}$  masing-masing nilai (*polarisasi remanent*)  $Pr(+)$  dan  $Pr(-)$ . Hal ini menunjukkan bahwa oksida  $AgBi_5Ti_5O_{18}$  masih lebih baik daripada oksida  $CuBi_5Ti_5O_{18}$  demikian juga untuk nilai koefisien dielektriknya ( $\epsilon_r$ ) dan nilai kapasitansinya lebih besar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Onodera A, Kubo T, Yoshio K, Kojima S, Takama T., Crystal Structure of High-Temperatur Paraelectric Phase in Bi-layered Perovskite  $Sr_{0,85}Bi_{2,1}Ta_2O_9$ . *Journal Japan J Applied Physics*. Vol 39, 5711-5715 (2000)
- Bengt A, Mixed oxides with Layer Lattices .III Structure of  $BaBi_4Ti_4O_{15}$ , *Arkiv For Kemi Band 2 no 37*, 519-527 (1950)
- Borg S., Svensson G and Bovin J., Structure Study of  $Bi_{2,5}Na_{0,5}Ta_2O_9$  and  $Bi_{2,5}Na_{m-1,5}Nb_mO_{3m+3}$  ( $m=2-4$ ) by Neutron Powder Diffraction and Electron Microscopy, *Journal of Solid State Chemistry* vol 167, 86-96 (2002)
- Callister, W D., (1997)., Material Science and Engineering An Introduction. 4<sup>th</sup> edition, *John Wiley & Sons* (1997).
- Mikrianto E dan Ismunandar., Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Berstruktur Aurivillius Empat Lapis ., *Prosiding Seminar Nasional Kimia HKI*. Malang Jawa Timur (2003).
- Mikrianto E dan Ismunandar, Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Berstruktur Aurivillius Empat Lapis Tipe  $Na_{0,5}Bi_{4,5}Ti_4O_{15}$  (NBT) dan  $K_{0,5}Bi_{4,5}Ti_4O_{15}$  (KBT)., *Seminar Nasional Hamburan Neutron dan Sinar-X Ke-5*, Batan Serpong Jawa Barat (2003).
- Huheey, J.E., *Inorganic Chemistry : Principles of Stucture and Reactivity*”, 2<sup>nd</sup> edition, Harper & Row, New York, (1978)
- Ilsmunandar, Brett A. Hunter and Brendan J. Kennedy, Cation Disorder in the Ferroelectric Aurivillius Phase  $PbBi_2Nb_2O_9$  : An Anamolous Dispersion X-ray Diffraction Study. *Journal of Solid State Chemistry*, 121, 3281-289 (1998)
- Miura K., and Tanaka M, Difference in The Electronic Structure of  $SrBi_2Ta_2O_9$  and  $SrBi_2Nb_2O_9$ , *Japanese Journal of Applied Physics*, Japan (1998).
- Miyayama M and In-Sook Yi., Electrical Anisotropy in Single Crystals of Bi-Layer Structured ferroelctrics, *Journal Ceramics International*, 529-533 (2000).
- Subbarao, E.C., **Journal Physisc Chemistry Solid**, 23 665-670 (1962).
- West A R., *Solid State Chemistry and Its Aplications* , John Wiley and Sons, Singapore, 1989.