

PERBANDINGAN SIFAT FEROELEKTRIK PADA SINTESIS OKSIDA LOGAM AURIVILLIUS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ EMPAT LAPIS DENGAN METODE HIDROTERMAL

Comparison of Ferroelectric Properties on The Synthesis of Aurivillius Metal Oxide $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ Using Hydrothermal Method

Karnelasatri^{1*}, Edi Mikrianto²

¹Department of Chemistry Education, Faculty of Education, Pelita Harapan University,
Jl. M. Thamrin Boulevard, Karawaci, Tangerang

²Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Lambung Mangkurat University,
Jl. A. Yani KM 36 Banjarbaru

*Corresponding author, e-mail: nela.karnelasatri@gmail.com

Received: Dec. 2018 Published: Jan. 2019

ABSTRACT

Aurivillius compounds, $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (SBT four layers) have been synthesized by hydrothermal method at 200°C with variation of times 48 hours, 72 hours and 96 hours. Single phase of $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ Aurivillius compounds obtained at the 200°C, 96 hours and the concentration of NaOH 3M. The *Rietica* program shown the index Miller result is 1 1 5 1 1 3, 0 2 0, 0 2 4, 2 0 8 2 2 0, 0 2 1 0, 3 1 6, 1 1 1 6 and the space group is $A2_1am$ with the orthorhombic crystal system. Cell parameters are $a = 5.5754 \text{ \AA}$, $b = 5.5456 \text{ \AA}$, $c = 41.3642$. Ferroelectric properties show the value of remanent polarization $P_r (+)$ and $P_r (-)$ 4,61 C/cm^2 and 2,75 C/cm^2 and that is much lower than the value of remanent polarization of other material that have been synthesized at 240°C, 72 hours with the same method.

Keywords: Aurivillius oxides, hydrothermal method, ferroelectric properties, polarization, $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri dalam bidang elektronika sangat cepat, hal ini didukung oleh perkembangan teknologi material. Salah satu sifat material adalah sifat feroelektrik. Material feroelektrik didefinisikan sebagai material dielektrik dan mempunyai sifat polarisasi spontan yang dapat dibalik arahnya dengan cara membalikkan arah medan listrik luar yang diberikan pada material tersebut (Ismunandar, 2006). Material feroelektrik memiliki aplikasi yang luas dalam industri elektronik contohnya sebagai bahan pembuat kapasitor (Said dkk., 2017), perangkat memori dan sensor (Lallart, 2011). Material ini diterapkan berdasarkan sifat-sifat yang dimilikinya, contohnya antara lain berdasarkan sifat histeris dan tetapan dielektrik yang tinggi pada memori *Dynamic Random Access Memory* (DRAM), sifat piroelektrik sebagai mikroaktuator dan sensor, sifat piroelektrik yang dapat diterapkan pada sensor inframerah dan sifat elektro optik yang dapat diterapkan pada switch termal inframerah (Auciello dkk., 1998).

Salah satu material yang memiliki sifat feroelektrik adalah oksida logam Aurivillius, rumpun material ini juga diketahui unggul karena memiliki ciri polarisasi remanen yang besar dan temperature Curie tinggi. Selain itu, berbeda dengan banyak material feroelektrik lain yang mengandung timbal, rumpun oksida logam Aurivillius justru bebas timbal (Peláiz-Barranco dkk., 2018). $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (SBT) empat lapis adalah salah satu tipe dari oksida logam Aurivillius. Penentuan sifat feroelektrik pada SBT empat lapis yang disintesis dengan metode reaksi kimia fasa padat pernah dilakukan oleh Mikrianto dkk., (2007) dan memperoleh hasil polarisasi remanen $P_r(+)$ 24,7 Ccm^{-2} dan $P_r(-)$ 10,4 Ccm^{-2} . Selain itu, Mikrianto dkk., (2014) juga telah menyintesis senyawa yang sama dengan metode hidrotermal pada waktu 72 jam dan suhu 240°C kemudian mendapatkan hasil $P_r(+)$ 35,10 Ccm^{-2} dan $P_r(-)$ 24,10 Ccm^{-2} dari hasil penentuan sifat feroelektriknya.

Berdasarkan data diatas, dapat dilihat bahwa perbedaan metode sintesis berpengaruh terhadap sifat feroelektrik yang dimiliki oleh material tersebut. Metode sintesis hidrotermal diketahui

memberikan beberapa keunggulan dibandingkan metode reaksi kimia fasa padat antara lain waktu sintesis yang lebih singkat dan kristalisasi struktur yang dihasilkan lebih tinggi (Ismunandar, 2006). SBT empat lapis namun dengan substitusi kation yang berbeda yaitu jenis $\text{Sr}_2\text{Bi}_3\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ yang disintesis dengan metode hidrotermal pada waktu 72 jam dan suhu 200°C memperoleh hasil $\text{Pr}(+)$ $24,4 \text{ Ccm}^{-2}$ dan $\text{Pr}(-)$ $10,9 \text{ Ccm}^{-2}$ (Mikrianto dkk, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa, selain metode sintesis, perbedaan kation dan pemilihan waktu serta suhu pada sintesis material dengan metode hidrotermal juga dapat mempengaruhi sifat feroelektrik senyawa. Berdasarkan latar belakang tersebut pada penelitian ini dilakukan sintesis material SBT empat lapis dengan metode hidrotermal dengan variasi waktu terhadap suhu tertentu.

METODOLOGI

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah SrCO_3 (Aldrich 99,99%), TiO_2 Aldrich (99,99%), Bi_2O_3 (Aldrich 99,99%), dan NaOH 3 M.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik OHAUSS, mortar, alu, pipet tetes, autoklaf, sudip, gelas arloji, cawan alumina pengukur waktu, *furnace*, difraktometer Sinar-X serbuk merk PW1710 BASED, instrumen tipe *RT66A Ferroelectric System-Radiant Technology*, komputer dan *Software* Rietica.

Prosedur Kerja

Sintesis dengan metode hidrotermal

Sebanyak 0,2179 gram SrCO_3 , 1,3757 gram TiO_2 dan 0,4718 gram Bi_2O_3 ditimbang dan dicampur hingga homogen kemudian ditambah larutan NaOH 3 M sebanyak 25 mL. Campuran dimasukkan kedalam autoklaf. Autoklaf tersebut kemudian dipanaskan dalam oven selama variasi kondisi waktu 48 jam, 72 jam dan 96 jam dengan suhu pemanasan 200°C sehingga terbentuk tekanan *autogenous* dalam autoklaf. Serbuk yang diperoleh dicuci dengan air bebas mineral untuk menghilangkan ion Na^+ dan dikeringkan pada suhu ruang (Rizal dan Ismunandar, 2007).

Karakterisasi oksida Aurivillius

Pola difraksi sinar-X serbuk direkam dengan menggunakan difraktometer sinar-X PW 1050/ 25. Sumber radiasi yang digunakan adalah $\text{Cu-K}\alpha$ dengan filter Ni. Proses difraksi dilakukan pada rentang sudut 2θ antara 10° sampai 80° dengan interval kenaikan sudut sebesar $0,05^\circ$ per tahap serta waktu 1 detik per tahap. Pola difraksi yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *database* PDF (ICDD) yang ditelusuri dengan program *Phasax*.

Karakterisasi Feroelektrik

Pembuatan kontak kapasitor

Sebanyak 1 gram senyawa oksida Aurivillius $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (SBT empat lapis), dimana hasil sintesis dilakukan pengepresan untuk membentuk pelet dengan luas penampang $1,54 \text{ cm}^2$ dan ketebalan sekitar $\pm 1 \text{ mm}$ ($1000 \mu\text{m}$). Pelet yang terbentuk dipanaskan pada temperatur 700°C selama 24 jam sehingga membentuk keramik. Keramik yang terbentuk ditempatkan pada kaca aluminium evaporator yang sebelumnya bagian permukaan diberi satu tetes pasta perak. Bagian atas dari keramik diberi satu tetes pasta perak dan ditutup lagi dengan kaca aluminium evaporator sehingga membentuk kapasitor. Kapasitor kemudian disolder dengan kawat penghubung elektrode pada kedua sisi kaca evaporator.

Pengukuran sifat feroelektrik

Karakterisasi feroelektrik dilakukan dengan instrumen tipe *RT66A Ferroelektrik Sistem-Radiant Technology* untuk mengetahui sifat feroelektrik senyawa target. Kawat dihubungkan dengan elektroda pada instrumen dan dilakukan seting pengukuran. Data diambil pada tegangan maksimum (V_{max}) 16 Volt pada kapasitor pembobot $0,1 \mu\text{F}$ dengan jumlah titik 300 buah.

Analisis data

Data yang didapatkan setelah dilakukan pengukuran sifat feroelektrik selanjutnya senyawa oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (SBT empat lapis), dianalisis menggunakan *Software Excel* untuk membuat kurva histerisis feroelektrik, dengan tujuan untuk mengetahui nilai polarisasi remanen yang dihasilkan masing-masing dapat ditentukan sifat feroelektriknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis dan Karakterisasi

Sintesis oksida Aurivillius $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memperlihatkan perubahan fisik berupa perubahan warna dan tekstur pada oksida yang dihasilkan. Hal ini umumnya dipengaruhi oleh pencucian sampel yang sudah berhasil disintesis dengan air bebas mineral menyebabkan lepasnya ion Na^+ . Proses perubahan warna maupun tekstur selama sintesis oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ berlangsung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perubahan warna dan tekstur sampel oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (SBT empat lapis)

Variasi waktu (jam)	Warna		Tekstur	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
48	Putih	Merah muda kecoklatan	Halus	Lembut
72	Putih	Merah muda kecoklatan tua	Halus	Lembut
96	Putih	Merah muda kecoklatan agak tua	Halus	Agak kasar

Struktur kristal suatu bahan dapat diidentifikasi dengan difraksi sinar-X. Pada penelitian ini sampel yang didifraksi adalah sampel dengan hasil sintesis pada waktu sintesis 48 jam, 72 jam dan 92 jam pada suhu 200°C . Pada ketiga sampel hasil sintesis ini menunjukkan perubahan fisik sangat signifikan. Identifikasi struktur kristal yang terbentuk dapat ditunjukkan melalui pola-pola difraksi (difraktogram) berupa puncak dan intensitas difraksi pada berbagai sudut 2θ .

Gambar 1 menunjukkan perbandingan difraktogram dari senyawa oksida Aurivillius. Dari hasil difraktogram diatas terlihat bahwa selain terjadi penurunan terhadap intensitas puncak tertinggi dari ketiga senyawa dengan variasi waktu yang berbeda, terlihat pula semakin meningkatnya waktu dalam sintesis maka fasa lain yang tidak diharapkan pada senyawa target semakin sedikit pula. Hal ini menunjukan bahwa semakin murni pula senyawa yang didapatkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi yang paling baik untuk sintesis

oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ adalah variasi waktu 96 jam karena puncak-puncak pada difraktogram menunjukkan dengan fasa tunggal atau memiliki kemurnian tinggi karena tidak terlihat puncak-puncak dari fasa lain. Puncak-puncak ini kemudian diidentifikasi dengan program *Phasax*. Fasa yang tidak diharapkan pada difraktogram variasi waktu 48 dan 72 jam diidentifikasi dan disajikan dalam Tabel 2.

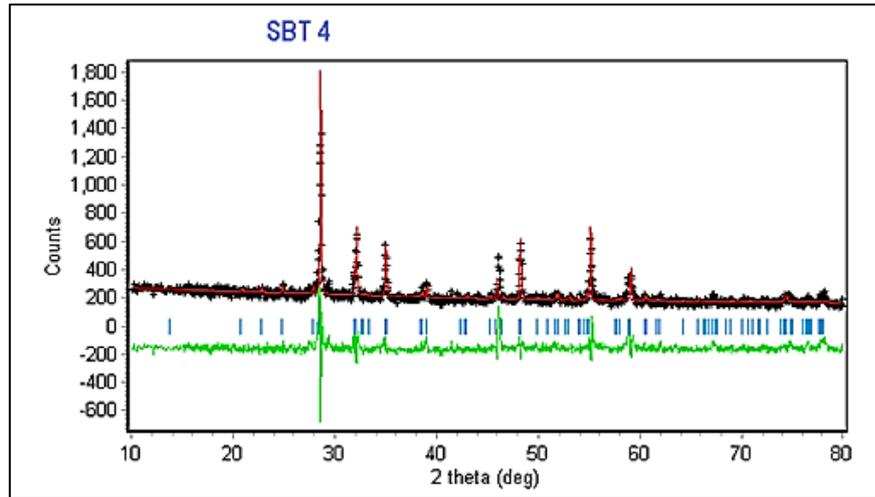
Tabel 2. Nilai 2θ yang menunjukkan puncak-puncak dalam difraktogram dan jenis fasa yang tidak diharapkan

Variasi waktu	2θ	Produk
48 jam	21,60	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$
	23,27	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$
	36,92	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Sr}_3\text{Bi}_2\text{O}_6$
	38,40	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Sr}_3\text{Bi}_2\text{O}_6$
	42,83	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Sr}_{1,5}\text{Bi}_{0,5}\text{O}_{2,75}$
	44,17	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Sr}_{1,5}\text{Bi}_{0,5}\text{O}_{2,75}$
72 jam	62,49	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$
	62,50	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$
	21,15	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$
	22,90	$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} + \text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$

Tabel 3. Data indeks Miller senyawa Oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ hasil indentifikasi program *Rietica*

No	hkl	$2\theta(\text{degree})$	Intensitas
1	1 1 3	24,89	306
2	1 1 5	28,61	1381
3	0 2 0	32,13	684
4	0 2 4	34,99	571
5	2 0 6	38,99	306
6	2 2 0	46,11	497
7	0 2 10	48,25	610
8	3 1 5	55,15	615
9	1 1 15	59,17	557

Senyawa oksida Aurivillius yang menunjukkan difraktogram terbaik (96 jam) diolah menggunakan program *Rietica* dengan metode *Rietveld* sehingga didapatkan nilai indeks Miller dari oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Difaktogram oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (SBT empat lapis) variasi 96 jam dengan pengolah program Rietica

Data indeks Miller dari oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dapat dilihat pada Tabel 3 sedangkan data indeks Miller dengan puncak difaktogram dari oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai sistem kristal, grup ruang dan parameter sel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan parameter sel, grup ruang dan sistem kristal senyawa Oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan indeks Miller (hkl)

	Oksida Aurivillius SBT 4 lapis	
	Suhu 200°C, 96 jam*	Suhu 240°C, 72 jam**
Sistem Kristal	Ortorombik	Ortorombik
Group Ruang	$A2_1am$	$A2_1am$
Parameter sel satuan (Å)	a = 5,5754 (6)	a = 5,5396
	b = 5,5456 (2)	b = 5,5800
	c = 41,3642 (1)	c = 40,9734

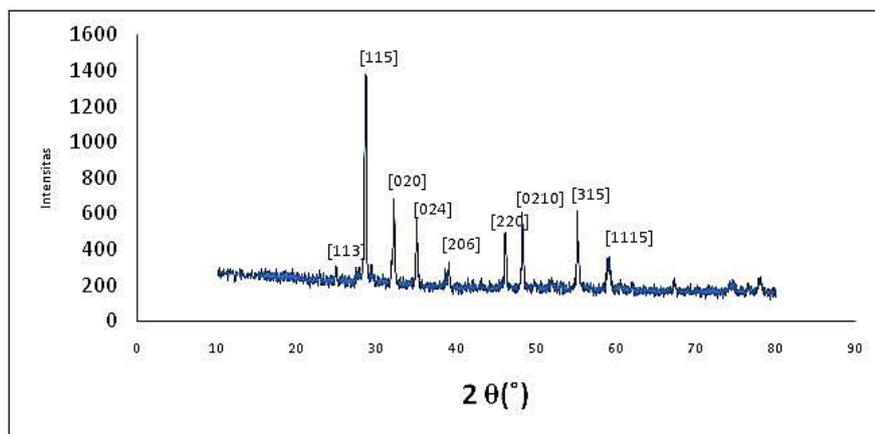
Keterangan: * Data primer yang diolah
** Perbandingan dengan data Mikrianto dkk (2017)

Karakterisasi sifat feroelektrik senyawa oksida Aurivillius Tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ variasi waktu 96 jam

Untuk menentukan sifat feroelektrik senyawa oksida Aurivillius tipe SBT empat lapis dapat dilakukan pada tegangan maksimum 16

Volt dengan kapasitas pembobot $0,1 \mu\text{F}$ kemudian hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4, dengan menggunakan tegangan tersebut maka mampu untuk membalik arah momen dipol domain dengan sempurna sampai semua arah pada domain tersebut menjadi sejajar sampai tegangan saturasi (Vs) $12,2 \text{ KV cm}^{-1}$.

Berdasarkan Gambar 4, data hasil pengukuran sifat feroelektrik pada senyawa oksida Aurivillius tipe SBT empat lapis menunjukkan bahwa harga P_s (*polarisasi saturation*) sebesar $9,21 \text{ Ccm}^{-2}$ pada tegangan saturasi $12,2 \text{ KV cm}^{-1}$ dan harga P_r (+) (*polarisasi remanen*) sebesar $4,61 \text{ Ccm}^{-2}$. Dari hasil pengukuran tersebut dapat terlihat bahwa ketika tegangan mulai naik, maka arah dari momen dipol tersebut mulai terjadi perubahan yang searah dan dapat mencapai keadaan sejajar hingga maksimum pada tegangan saturasi Vs sebesar $12,2 \text{ KVcm}^{-1}$, nilai ini didapatkan dengan perhitungan logaritma nilai kuat medan listrik yaitu $\log 1,6 \times 10^{-12}$, harga tegangan saturasi yang dihasilkan tersebut lebih kecil dari 16 Volt yang merupakan sebuah medan listrik luar yang diberikan pada senyawa oksida Aurivillius tipe SBT empat lapis, hal ini menunjukkan bahwa tegangan saturasi arah momen dipol tersebut telah sejajar dan mencapai keadaan maksimum.



Gambar 3. Difaktogram oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (SBT empat lapis) variasi 96 jam indeks miller (hkl)

Tabel 5. Perbandingan hasil pengukuran Sifat Feroelektrik senyawa Oksida Aurivillius tipe $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

Pengukuran	SBT empat lapis	
	Suhu 200°C, 96 jam*	Suhu 240°C, 72 jam**
Vmaks (Volt)	16	16
K. Pembobot (μF)	0,1	0,1
A (cm^{-2})	1,54	1,54
D (μm)	1000	1000
Jumlah Titik	300	300
Vs (+) (Volt)	12,2	12,2
Vs (-) (Volt)	12,2	12,2
Ps (+)	9,21 C cm^{-2}	66,8 C cm^{-2}
Ps (-)	6,88 C cm^{-2}	50,1 C cm^{-2}
Pr (+)	4,61 C cm^{-2}	35,2 C cm^{-2}
Pr (-)	2,75 C cm^{-2}	24,1 C cm^{-2}

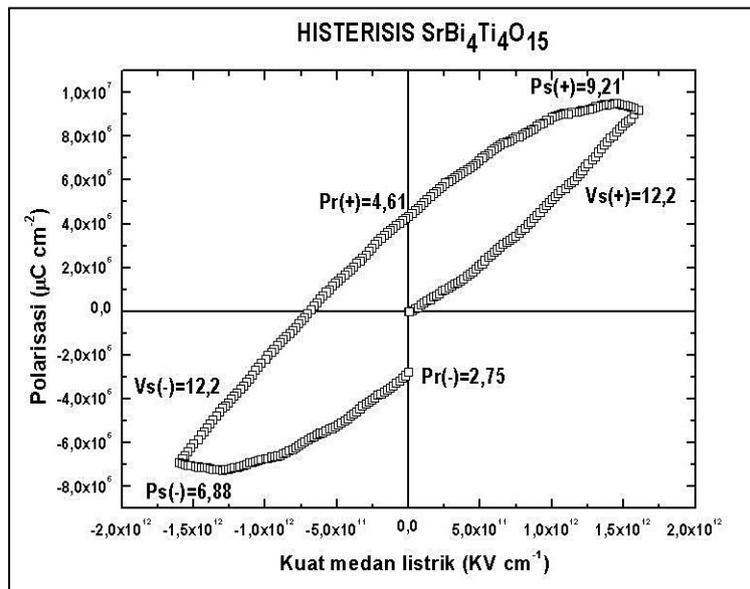
Keterangan: * Data primer yang diolah

** Perbandingan dengan data Mikrianto dkk., (2017)

Pada tahap selanjutnya, pembalikan arah medan listrik luar yang diberikan hingga diperoleh harga $\text{Ps}(-)$ (*polarisasi saturation*) sebesar $6,88 \text{ C cm}^{-2}$ dan $\text{Pr}(-)$ (*polarisasi remanen*) sebesar $2,75 \text{ C cm}^{-2}$ pada tegangan saturasi $12,2 \text{ KV cm}^{-1}$. Setelah dilakukan pembalikan arah medan listrik luar dapat terlihat bahwa harga $\text{Pr}(-)$ yang dihasilkan lebih kecil dari harga $\text{Pr}(+)$, hal ini menunjukkan sebagian arah momen dipol masih mempertahankan arah polarisasinya pada keadaan semula dan tidak berbalik arah mengikuti arah medan listrik luar yang telah

diberikan. Sementara Harga Kef (koefisien dielektrik) dan nilai kapasitansinya diukur pada tegangan maksimum 16 Volt. Pada kurva histerisis (Gambar 4) terlihat bahwa saat medan listrik ditiadakan maka polarisasi tidak kembali pada keadaan semula menjadi nol sehingga kurva yang dihasilkan tidak linier.

Hasil perbandingan sifat feroelektrik dari senyawa oksida Aurivillius yang disintesis dengan metode hidrotermal pada suhu 200°C , 96 jam dan pada suhu 240°C , 74 jam dapat dilihat di Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5, terlihat bahwa sifat feroelektrik dari senyawa oksida Aurivillius yang disintesis pada suhu 240°C , 74 jam lebih baik dibandingkan dengan yang disintesis pada suhu 200°C , 96 jam. Hal ini dapat dilihat dari nilai polarisasi remanennya yang jauh lebih tinggi. Hal ini menandakan bahwa arah polarisasi pada dipol-dipol SBT 4 lapis yang disintesis pada suhu 240°C , 74 jam paling teratur, domain-domainnya terhubung dengan baik antara yang satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu pada saat diberi medan listrik dari luar, arah polarisasi dari hampir semua domain yang terhubung mudah diubah sesuai arah medan listriknya sehingga kemampuan sifat feroelektiknya lebih baik. Dilihat dari suhu yang digunakan, nilai polarisasi remanen yang lebih tinggi pada SBT 4 lapis yang disintesis pada suhu 240°C dapat disebabkan karena kelarutan prekursor dan transport massa pelarut yang jauh lebih baik akibat penggunaan suhu yang lebih tinggi. Selain itu, dengan penggunaan suhu yang lebih tinggi, senyawa SBT 4 lapis yang dihasilkan juga memiliki ketahanan termal yang lebih baik. Stabilitas termal akan berpengaruh terhadap



Gambar 4. Pola loop histerisis oksida Aurivillius tipe SrBi₄Ti₄O₁₅ (SBT empat lapis) pada tegangan maksimum 16 Volt dan kapasitor pembobot 0,1 μ F

aplikasi material berlapis karena berhubungan dengan kestabilan strukturnya, hal inilah yang menjadi dasar studi pengaruh pemanasan terhadap kristalisasi oleh Sekewael, dkk., (2018). Pemaparan diatas menunjukkan bahwa walaupun disintesis dengan metode yang sama dan menghasilkan senyawa SBT 4 lapis dengan struktur yang hampir sama, namun pemilihan suhu sangat mempengaruhi sifat feroelektrik yang dimiliki oleh SBT 4 lapis.

Ketahanan termal juga dapat menjadi dasar penjelasan mengapa nilai Pr (+) dan Pr (-) material yang disintesis pada suhu 200°C, 96 jam dengan metode hidrotermal juga lebih kecil jika dibandingkan dengan SBT 4 lapis yang disintesis dengan metode reaksi kimia fasa padat dimana nilai Pr (+) dan Pr (-) secara berurutan adalah 24,7 Ccm⁻² dan 10,4 Ccm⁻² (Mikrianto dkk, 2007). Jika ditinjau dari metode sintesis, senyawa oksida logam yang dihasilkan dari sintesis dengan menggunakan metode hidrotermal menunjukan kemurnian struktur yang lebih baik dibandingkan dengan senyawa yang disintesis dengan metode reaksi kimia fasa padat. Pada umumnya proses kristalisasi berjalan lambat, namun hal ini dapat di atasi dengan metode sintesis hidrotermal. Selain itu, sintesis dengan metode ini dilakukan pada sistem tertutup sehingga meminimalisasi terbentuknya pengotor pada hasil reaksi yang dipengaruhi oleh faktor luar. Akan tetapi, jika melihat perbandingan hasil diatas maka kemurnian struktur yang dapat diperoleh dengan pemilihan

metode sintesis bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi sifat feroelektrik suatu material, tetapi juga pemilihan suhu dan jenis material yang disintesis.

KESIMPULAN

Sifat feroelektrik oksida Aurivillius SrBi₄Ti₄O₁₅ yang disintesis dengan metode hidrotermal pada suhu 200°C, 96 jam lebih rendah dibandingkan dengan oksida yang disintesis pada suhu 240°C, 72 jam yang ditunjukan dengan nilai polarisasi remanen Pr (+) dan Pr (-) masing-masing sebesar 4,61 C/cm² dan 2,75 C/cm² yang disintesis pada suhu 200°C, 96 jam dan sebesar 35,2 C/cm² dan 24,1 C/cm² yang disintesis pada suhu 240°C, 72 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Auciello, O., Scott, J. F., Ramesh, R., 1998, The Physics of Ferroelectric Memories, *Physics Today*, 23-27.
- Ismunandar, 2006, *Padatan Oksida Logam: Struktur, Sintesis dan Sifat-sifatnya*, ITB, Bandung, Indonesia.
- Lallart, M., 2011, *Ferroelectrics-Application*, InTech, Rijeka, Croatia.
- Mikrianto, E., Ismunandar, 2004, Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Berstruktur Aurivillius Empat dan Lima lapis dan Penentuam Sifat Feroelektriknya, *Jurnal Matematika dan Sains*, 9(3), 279-284.
- Mikrianto, E., Kurniawan, R., Mujiyanti, D. R., Irawati, U., 2014, Sintesis Oksida Logam

- Aurivillius $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ Menggunakan Metode Hidrotermal dan Penentuan Sifat Ferroelektriknya, *Sains dan Terapan Kimia*, 8(1), 27-36.
- Mikrianto, E., Mujiyanti, D. R., 2017, Studi n-Lapis Oktahedral terhadap Sifat Feroelektrik Oksida Logam Aurivillius $\text{Sr}_{(n-2)}\text{Bi}_3\text{Ti}_n\text{O}_{(3n+3)}$ ($n = 3, 4, 5$ dan 6), *Sains dan Terapan Kimia*, 11(1), 24-36.
- Peláiz-Barranco, A., Guerra, J. de los S., González-Abreu, Y., dos Reis, I. C., 2018, *Perovskite layer-structured ferroelectrics. Magnetic, Ferroelectric, and Multiferroic Metal Oxides*, 71–92. Imprint: Elsevier.
- Rizal, M., Ismunandar, 2007, Sintesis dengan Hidrotermal dan Karakteristik Senyawa Berstruktur Aurivillius $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. *Jurnal Matematika dan Sains*, 12(1), 44-48.
- Said, S. M., Sabri, M. F. M., Salleh, F., 2017. Ferroelectrics and Their applications. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, doi:10.1016/b978-0-12-803581-8.04143-6.
- Sekewael, S. J., Wijaya, K., Triyono, 2018. Pengaruh Pemanasan terhadap Kristalinitas dan Parameter Kisi Nanokomposit Silika-Zirkonia Montmorillonit K10 dan Silika-Besi Oksida Montmorillonit K10, *Indo. J. Chem. Res.*, 6(1), 550-555.