

**SINTESIS  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) DENGAN METODE  
LELEHAN GARAM TUNGGAL NaCl**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**HASAL MAULIDIANINGTIYAS**  
NIM. 15630105



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**SINTESIS  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) DENGAN METODE  
LELEHAN GARAM TUNGGAL NaCl**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**HASAL MAULIDIANINGTIYAS**  
NIM. 15630105

Diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**SINTESIS  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) DENGAN METODE  
LELEHAN GARAM TUNGGAL NaCl**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**HASAL MAULIDIANINGTIYAS**  
NIM. 15630105

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



Dr. Anton Prasetyo, M.Si  
NIP. 19770925 200604 1 003


Pembimbing II



Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I  
NIPT. 20140201409

Mengetahui,  
Ketua Jurusan



  
H. Kamilah Hayati, M.Si  
NIP. 19790620 200604 2 002

**SINTESIS  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) DENGAN METODE  
LELEHAN GARAM TUNGGAL NaCl**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**HASAL MAULIDIANINGTIYAS**  
NIM. 15630105

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 10 Juni 2020

Penguji Utama : Elok Kamilah Hayati, M.Si  
NIP. 19790620 200604 2 002

(*Elok Kamilah Hayati*)

Ketua Penguji : Vina Nurul Istighfarini, M.Si  
LB. 63025

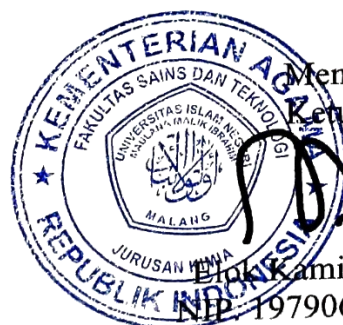
(*Vina Nurul Istighfarini*)

Sekretaris Penguji : Dr. Anton Prasetyo, M.Si  
NIP. 19770925 200604 1 003

(*Anton Prasetyo*)

Anggota Penguji : Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I  
NIPT. 20140201409

(*M. Mukhlis Fahrudin*)



Mengesahkan,  
Ketua Jurusan

(*Elok Kamilah Hayati*)  
Elok Kamilah Hayati, M.Si  
NIP. 19790620 200604 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Hasal Maulidiantingtiyas

NIM : 15630105

jurusan : Kimia

fakultas : Sains dan Teknologi

judul penelitian : Sintesis  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) dengan Metode Lelehan Garam Tunggal NaCl

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.



Hasal Maulidiantingtiyas  
NIM. 15630105

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Sujud syukur kupersembahkan kepadaMu Ya Allah, Tuhan Yang Maha Agung dan Maha Tinggi. Atas kehendakMu saya bisa menjadi pribadi yang berpikir, berilmu, bersyukur, dan beriman. Semoga keberhasilan ini menjadi salah satu langkah untuk masa jalku dalam meraih RidhoMu.

Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk, Ayahanda Hasianto, terima kasih telah menjadi penyemangat sekaligus pendengar yang baik untuk segala cerita hidup. Teruntuk Ibu Alfiah, terima kasih pula untuk limpahan doa dan perhatian yang tak berkesudahan. Serta segala hal yang telah ayah dan ibu lakukan, semua hal yang terbaik.

Adikku, Afif Syarifudin Hidayatullah. Diammu adalah perhatian, sikapmu bentuk dukungan. Tempatku bersyukur dalam diam, melihatmu pancaran adil dalam sebuah kehidupan. Terima kasih

Terima kasih juga yang tak terhingga untuk Bapak Anton Prasetyo dan Bapak M. Mukhlis Fahrudin selaku pembimbing, atas kesabaran dan kasih sayang beliau tanpanya saya tidak akan menjadi pribadi sebaik ini. Terima kasih juga untuk seluruh dosen, laboran, dan staff jurusan Kimia yang telah mendukung keberhasilan skripsi ini

Sobat “Normal”, Aldi, Fata Chi, Lala, Fiddien, dan Suki. Tak cukup kata terima kasih untuk kalian, segala ceria dan hiruk pikuk kehidupan kalian bawa untuk menjadi cerita haru.

Teruntuk teman seperjuangan Kimia Angkatan 2015 Aye Aye, Keluarga Kimia C terima kasih atas kebersamaan pun ketidakjelasan kalian membuat tahun-tahun perkuliahan menjadi sangat berwarna

Untuk warga Laboratorium Anorganik, teman-teman julid ku terimakasih atas semua pengaruh baik yang kalian beri dan atas kisah singkat kita.

Teruntuk kakak dan adik tingkat yang tak bisa kusebutkan satu persatu, terima kasih banyak atas bantuan, dukungan, kebersamaan, kehangatan yang selalu kalian berikan. Ketahuilah saya sangat bersyukur bisa mengenal “kamu”

Dan ku pesembahkan Skripsi ini untuk yang selalu bertanya:  
“kapan kamu lulus?”



**MOTTO**

“If you never try you never know”

&

“No pressure no diamonds”



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan taufiq, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu mengembangkan ajaran Islam di muka bumi untuk membantu keselamatan umatnya. Adapun penyusunan skripsi ini adalah salah satu kriteria kelulusan yang ada di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar dikarenakan dukungan dan partisipasi dari berbagai pihak. Dengan ini, penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis serta saudara sekalian yang telah memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan moril serta materil sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan
2. Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang Bapak Prof. Dr. Abdul Haris, M. Ag.
3. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Ibu Dr. Sri Harini, M. Si.
4. Kepala Jurusan Kimia Ibu Elok Kamilah Hayati, M. Si.
5. Dosen pembimbing I Bapak Dr. Anton Prasetyo, M. Si. Karena atas bimbingan, pengarahan, kesabaran, dan motivasinya penyusunan skripsi dapat terselesaikan
6. Dosen pembimbing II Bapak Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I yang telah sabar membantu dan membimbing penyusunan skripsi ini
7. Seluruh dosen dan staff Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

8. Teman-teman kimia yang telah saling memotivasi dan membantu penyusunan skripsi ini

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa skripsi yang telah penulis susun ini masih jauh dari kesempurnaan, mengingat terbatasnya kemampuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, kritik, saran, serta bimbingan yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan.



Malang, Mei 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ABSTACK</b> .....	<b>xviii</b>
<b>مستخلص البحث</b> .....	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Material Semikonduktor sebagai Fotokatalis .....	7
2.2 Senyawa SrTiO <sub>3</sub> .....	9
2.2 Doping pada Senyawa SrTiO <sub>3</sub> .....	12
2.3 Sintesis Metode Lelehan Garam .....	16
2.4 Material Semikonduktor sebagai Fotokatalis dalam Perspekti Islam .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Pelaksanaan Penelitian .....	24
3.2 Alat dan Bahan .....	24
3.2.1 Alat .....	24
3.2.2 Bahan .....	24
3.3 Pola dan Rancangan Penelitian .....	24
3.4 Prosedur Kerja .....	25
3.4.1 Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal .....	25
3.4.2 Sintesis Ba <sub>x</sub> Sr <sub>(1-x)</sub> TiO <sub>3</sub> dengan Metode Lelehan Garam .....	26
3.4.3 Karakterisasi Sampel Produk Ba <sub>x</sub> Sr <sub>(1-x)</sub> TiO <sub>3</sub> .....	26
3.4.3.1 Karakterisasi Ba <sub>x</sub> Sr <sub>(1-x)</sub> TiO <sub>3</sub> menggunakan Instrumen XRD 26	
3.4.3.2 Karakterisasi Ba <sub>x</sub> Sr <sub>(1-x)</sub> TiO <sub>3</sub> menggunakan Instrumen SEM-EDS .....	26
3.4.3.3 Karakterisasi Ba <sub>x</sub> Sr <sub>(1-x)</sub> TiO <sub>3</sub> menggunakan UV-Vis DRS ...	26
3.4.4 Analisis Data .....	27

3.4.4.1 Analisis Data XRD .....	27
3.4.4.2 Analisis Data SEM-EDS .....	27
3.4.4.3 Analisis Data UV-Vis DRS .....	27
3.4.4.4 Analisis Data dalam Perspektif Islam.....	28

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Sintesis $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ dengan Metode Lelehan Garam .....	29
4.2 Karakterisasi dan Analisis Data $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ menggunakan Instrumen XRD .....	31
4.3 Karakterisasi dan Analisis Data $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ menggunakan Instrumen SEM-EDS .....	34
4.4 Karakterisasi dan Analisis Data $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ menggunakan Instrumen UV-Vis DRS .....	37
4.5 Sintesis Material Fotokatalis $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ dalam Perspektif Islam .....	39

#### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	44
5.2 Saran .....	44

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>51</b>



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir.....	51
Lampiran 2. Perhitungan .....	53
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi menggunakan XRD .....	58
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi menggunakan SEM .....	67
Lampiran 5. Tahapan Analisis Ukuran Partikel menggunakan Perangkat Lunak ImageJ .....	72
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi menggunakan EDS.....	76
Lampiran 7. Contoh Perhitungan Nilai Energi Celah Pita .....	78



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah energi celah pita pada semikonduktor .....	8
Gambar 2.2	Proses mekanisme reaksi fotokatalis .....	8
Gambar 2.3	Struktur <i>perovskite</i> senyawa STO.....	9
Gambar 2.4	Tingkat potensial redoks air .....	10
Gambar 2.5	Difraktogram untuk sampel STO komersial dan nanopartikel STO yang disintesis dalam temperatur hidrotermal yang berbeda .....	11
Gambar 2.6	Spektra UV-Vis DRS nanopartikel STO pada suhu yang berbeda.....	12
Gambar 2.7	Difraktogram dari BST bubuk menggunakan metode sol-gel dengan variasi pelarut .....	13
Gambar 2.8	Spektra UV-Vis DRS BST dikalsinasi pada 750°C dengan variasi pelarut .....	14
Gambar 2.9	Difraktogram sintesis BST nanopartikel pada suhu: (a) 100, (b) 110, dan (c) 130°C selama 1 jam menggunakan metode hidrotermal .....	15
Gambar 2.10	Mikrograp senyawa BST nanopartikel yang disintesis pada suhu: (a) 100, (b) 110, dan (c) 130°C selama 1 jam menggunakan metode hidrotermal .....	16
Gambar 2.11	Difraktogram serbuk BST pada: (a) 800, (b) 850, dan (c) 900°C selama 2 jam dengan proses MS (d) 1150 °C selama 2 jam dengan metode CS .....	18
Gambar 2.12	Morfologi serbuk BST pada: (a) 850, (b) 900°C, selama 2 jam dengan proses MS; dan (c) 1150 °C selama 2 jam dengan metode CS .....	19
Gambar 4.1	Sintesis Senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ saat: (a) penggerusan, (b) hasil setelah kalsinasi suhu 700°C, dan (c) setelah kalsinasi suhu 900 °C menggunakan lelehan garam NaCl .....	30
Gambar 4.2	Difraktogram Sinar-X dari $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ menggunakan metode lelehan garam .....	31
Gambar 4.3	Pergeseran puncak difraksi sinar-X senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ .....	32
Gambar 4.4	Plot hasil <i>refinement</i> material $SrTiO_3$ menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl .....	33
Gambar 4.5	Hasil SEM-EDS $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ (a) $x=0$ ; (b) $x=0,2$ ; (c) $x=0,4$ ; (d) $x=0,6$ ; dan (e) $x=0,8$ yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal .....	35
Gambar 4.6	Spektra DRS hubungan % reflektansi dengan panjang gelombang senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ ( $x=0$ ; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8) .....	37
Gambar 4.7	Spektra DRS hubungan antara $F(R)h\nu^{1/2}$ dengan energi celah pita ( $h\nu$ ) senyawa $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ ( $x=0$ ; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8 .....	38
Gambar L.3.1.1	Difraktogram XRD $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0$ .....	58
Gambar L.3.1.2	Difraktogram XRD $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,2$ .....	59
Gambar L.3.1.3	Difraktogram XRD $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,4$ .....	60
Gambar L.3.1.4	Difraktogram XRD $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,6$ .....	61
Gambar L.3.1.5	Difraktogram XRD $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,8$ .....	62

Gambar L.3.2.1	Plot hasil <i>refinement</i> senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0$ .....	63
Gambar L.3.2.2	Plot hasil <i>refinement</i> senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,2$ .....	64
Gambar L.3.2.3	Plot hasil <i>refinement</i> senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,4$ .....	65
Gambar L.3.2.4	Plot hasil <i>refinement</i> senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,6$ .....	66
Gambar L.4.1	Morfologi $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0$ pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x .....	67
Gambar L.4.2	Morfologi $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,2$ pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x .....	68
Gambar L.4.3	Morfologi $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,4$ pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x .....	69
Gambar L.4.4	Morfologi $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,6$ pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x .....	70
Gambar L.4.5	Morfologi $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,8$ pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x .....	71
Gambar L.7.1.1	Spektra DRS hubungan % reflektansi dengan panjang gelombang senyawa $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ $x= 0$ .....	78
Gambar L.7.1.2	Spektra DRS hubungan antara $F(R)hv^{1/2}$ dengan energi celah pita ( $hv$ ) senyawa $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ untuk $x=0$ .....	79
Gambar L.7.2	Spektra DRS hubungan antara $F(R)hv^{1/2}$ dengan energi celah pita ( $hv$ ) senyawa $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ untuk $x=0,2$ .....	80
Gambar L.7.3	Spektra DRS hubungan antara $F(R)hv^{1/2}$ dengan energi celah pita ( $hv$ ) senyawa $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ untuk $x=0,4$ .....	81
Gambar L.7.4	Spektra DRS hubungan antara $F(R)hv^{1/2}$ dengan energi celah pita ( $hv$ ) senyawa $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ untuk $x=0,6$ .....	82
Gambar L.7.5	Spektra DRS hubungan antara $F(R)hv^{1/2}$ dengan energi celah pita ( $hv$ ) senyawa $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ untuk $x=0,8$ .....	83

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rata-rata ukuran kristalit dari STO .....	12
Tabel 2.2	Ukuran kristal, parameter kisi, dan celah pita bubuk BST dengan variasi pelarut .....	14
Tabel 3.1	Massa tiap reaktan hasil perhitungan .....	25
Tabel 4.1	Data kristalografi $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ dari proses <i>refinement</i> dengan metode Le Bail .....	34
Tabel 4.2	Ukuran partikel $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ .....	36
Tabel 4.3	Persentase unsur-unsur penyusun $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ hasil EDS .....	37
Tabel 4.4	Nilai energi celah pita dan panjang gelombang senyawa $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ ( $x=0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) .....	39
Tabel L.3.1	Spesifikasi alat XRD .....	58
Tabel L.3.1.1	Daftar Puncak Senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0$ .....	59
Tabel L.3.1.2	Daftar Puncak Senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,2$ .....	60
Tabel L.3.1.3	Daftar Puncak Senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,4$ .....	60
Tabel L.3.1.4	Daftar Puncak Senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,6$ .....	61
Tabel L.3.1.5	Daftar Puncak Senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,8$ .....	62
Tabel L.6.1	Persentase unsur yang terkandung dalam $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0$ .....	76
Tabel L.6.2	Persentase unsur yang terkandung dalam $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,2$ .....	76
Tabel L.6.3	Persentase unsur yang terkandung dalam $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,4$ .....	76
Tabel L.6.4	Persentase unsur yang terkandung dalam $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,6$ .....	76
Tabel L.6.5	Persentase unsur yang terkandung dalam $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x= 0,8$ .....	77

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1 Kubelka-Munk .....	28
Persamaan 4.1 Reaksi pembuatan $\text{SrTiO}_3$ .....	30
Persamaan 4.2 Reaksi pembuatan $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ .....	30



## ABSTRAK

Maulidiantingtyas, H. 2020. **Sintesis  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) dengan Metode Lelehan Garam Tunggal NaCl.**  
Pembimbing I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Pembimbing II:  
Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I

**Kata kunci:** Barium stronsium titanat (BST), Energi Celah Pita, Fotokatalis, Metode Lelehan Garam.

Salah satu metode untuk penanganan limbah warna adalah fotokatalitik, dengan memanfaatkan sinar matahari untuk mendegradasi cemaran limbah warna. Stronsium titanat mempunyai peluang digunakan sebagai material fotokatalis, tetapi memiliki kekurangan yakni energi celah pita yang besar. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memberikan dopan Ba terhadap  $SrTiO_3$ . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur kristal, morfologi serta ukuran partikel, komposisi unsur senyawa, dan energi celah pita material fotokatalis  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0, 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan teknik Difraksi Sinar-X (XRD) untuk menganalisa fasa yang terbentuk. Instrumen *scanning electron microscopy-energy dispersive spectroscopy* (SEM-EDS) untuk menganalisa morfologi, ukuran partikel, serta komposisi unsur. *UV-Visible diffuse reflectance spectroscopy* (UV-Vis DRS) untuk menentukan energi celah pita hasil sintesis. Difraktogram senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0, 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) menunjukkan bahwa sampel berhasil disintesis dengan sedikit pengotor  $TiO_2$  dan  $BaCO_3$  pada  $x= 0,8$ . Gambar SEM menunjukkan bahwa morfologi partikel yaitu polihedral dan tidak ditemukan aglomerasi dengan unsur yang terkandung adalah Sr, Ba, Ti, dan O. Spektra UV-Vis DRS menunjukkan bahwa pendopingan barium dapat menurunkan energi celah pita material  $SrTiO_3$  sehingga dapat bekerja pada daerah cahaya tampak (ungu).

## ABSTRACT

Maulidiantingtiyas, H. 2020. **Synthesis of  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0.2; 0.4; 0.6; \text{ and } 0.8$ ) Using Single NaCl Molten Salt Method.** Advisor I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Advisor II: Dr. M. Mukhlis Fahrudin, M.S.I.

**Keywords:** Band Gap Energy, Barium strontium titanate (BST), Molten Salt Method, Photocatalyst.

The photocatalyst is one of the methods to deal with dye waste by utilizing sunlight energy to degrade dye waste. Strontium titanate is a promising material to be used as a photocatalyst, even though its relatively high bandgap energy as results still needs to be reduced. One of strategy to reduce the band gap energy of  $SrTiO_3$  is doped with Ba cation. This research is aimed to know the crystal structure, morphology and particle size, composition of compound, and bandgap energy of  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0, 0.2, 0.4, 0.6, \text{ and } 0.8$ ) synthesized using NaCl molten salt method. The formed phase analyzed using X-Ray Diffraction (XRD). Scanning electron microscopy-energy dispersive spectroscopy (SEM-EDS) was used to examine its morphology, particle size and elemental composition analysis. UV-Visible diffuse reflectance (DRS) were recorded to determine the bandgap energy of samples. The diffractogram shows that  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0, 0.2, 0.4, 0.6, \text{ and } 0.8$ ) were successfully synthesized, but there are  $TiO_2$  and  $BaCO_3$  impurities were found for  $x= 0.8$ . The SEM images displayed the particle has polyhedral shape and no agglomeration was found with the elements composition are Sr, Ba, Ti, and O. Ba doping in  $SrTiO_3$  decreases its bandgap energy as the recorded UV-Vis DRS spectra shows, and it can work on the visible range (violet).

## مستخلص البحث

موليدية نيغ تياس، هـ. 2020. التجميعي  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$ ) بطريقة تذوب الملح وحيد  $NaCl$ . المشرف 1: د. انطون فراستيا؛ المشرف 2: د. محمد مخليص فخر الدين.

كلمات أساسية: تيتانات الباريوم السترونتيوم (BST)، طاقة شعب الشريط، حفاز ضوئي، طريقة تذوب الملح.

أحد طريقة للمعاملة قمامة اللون هي حفاز ضوئي بنفع ضياء الشمس لتحلل تلوث قمامة اللون ليكون نفس المواد الذي أكثر بسيطة. سترونتيوم تيتانات لها فرصة تستخدم معدّات حفاز ضوئي، ولكن لها نقصان وهو طاقة شعب الشريط الكبيرة. أحد السعي لتحليل هذه المشكلة وهي بمنّ إشابة Ba إلى  $SrTiO_3$ . هذا البحث يعرض لتعريف تركيب بلور، مورفولوجيا وقياس ذرّة، وطاقة شعب الشريط معدّات حفاز ضوئي  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0, 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$ ) الذي التجميع يستخدم بطريقة تذوب الملح وحيد  $NaCl$ . إنتاج تجميعي تتميز باستخدام تقنية الإنعراج ضياء-X (XRD) لتحليل مرحلة شكلت، أداة *scanning electron microscopy-energy dispersive spectroscopy* (SEM-EDS) لتحليل مورفولوجيا وقياس ذرّة و تكوين العنصر *UV-Visible diffuse reflectance spectroscopy* (UV-Vis DRS) لتحديد طاقة شعب الشريط إنتاج تجميعي. فاكنتوكرام مستحضر  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0, 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$ ) يدلّ بأنّ عينية ناجح التجميع بقلّ الشوائب  $TiO_2$  و  $BaCO_3$  على  $x= 0,8$ . صورة SEM يدلّ أنّ مورفولوجيا ذرّة وهو فوليهيدرال ولا يوجد التكتل بالعنصر المضمون وهو  $Sr, Ba, Ti, O$ . الأطياف UV-Vis DRS تدلّ بأنّ باريوم رطبة يستطيع أن يسدل طاقة شعب الشريط معدّات  $SrTiO_3$  حتى يستطيع عملا على دائرة ضياء جلي (أرجواني).

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil Indonesia yang pesat memberikan konsekuensi terhadap peningkatan limbah warna. Penanganan yang kurang efektif memberikan dampak kerusakan terhadap lingkungan disekitarnya. Allah SWT berfirman:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah Nampak kerusakan di darat dan di lautan akibat perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan Sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka Kembali (ke jalan yang benar)” (Q. S. Ar-Rum (30): 41).

Kata (الفساد) *al-fasad* menurut al-Ashfahani adalah keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit maupun banyak. Kata ini digunakan untuk menunjuk apa saja, baik jasmani, jiwa, maupun hal-hal lain. Ia juga diartikan sebagai lawan kata dari *ash-shaldh* yang berarti manfaat atau berguna. Beberapa ulama kontemporer memahaminya dalam arti kerusakan lingkungan, karena ayat di atas mengaitkan *fasad* tersebut dengan kata darat dan laut (Shihab, 2002). Oleh karena itu dibutuhkan metode yang efektif untuk menangani kerusakan lingkungan tersebut.

Beberapa metode untuk penanganan limbah warna telah banyak dilakukan di antaranya adalah sistem lumpur aktif, adsorpsi, bioremediasi, fotokatalitik, dan membran. Menurut Permatasari (2015), metode fotokatalitik untuk penanganan limbah warna mempunyai keuntungan yaitu dapat mendegradasi senyawa organik

dan mereduksi senyawa organik menjadi komponen-komponen sederhana dan lebih aman, ekonomis, ramah lingkungan, dan memiliki serapan di wilayah sinar ultraviolet (UV). Metode fotokatalitik memanfaatkan sinar matahari untuk mendegradasi cemaran limbah warna menjadi zat-zat yang lebih sederhana dengan menggunakan material semikonduktor sebagai katalis. Indonesia sebagai negara yang mendapatkan pancaran sinar matahari yang hampir merata setiap tahunnya, menjadikan teknologi fotokatalitik bisa dimanfaatkan secara luas.

Energi celah pita merupakan energi minimum yang dibutuhkan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Ketika suatu semikonduktor dikenai energi yang sesuai dengan energi celah pita, maka elektron akan tereksitasi ke pita konduksi sehingga meninggalkan muatan positif yang disebut *hole*. Sebagian besar dari pasangan *electron-hole* tersebut akan bertahan di permukaan semikonduktor, sehingga *hole* dapat bekerja dengan menginisiasi reaksi oksidasi dan elektron menginisiasi reaksi reduksi senyawa kimia yang terdapat di sekitar permukaan senyawa. Prinsip reaksi tersebut yang digunakan sebagai dasar untuk menghasilkan senyawa reaktif dalam mendegradasi limbah warna (Salim, 2016).

Beberapa material fotokatalis yang dapat digunakan antara lain  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{GaP}$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{SrTiO}_3$  (Andayani, dkk., 2001).  $\text{SrTiO}_3$  (STO) adalah material semikonduktor dengan struktur kristal perovskit dan memiliki energi celah 3,2 eV. Beberapa keuntungan dari STO adalah memiliki sifat kimia dan kestabilan fisik yang baik, serta sifat optik yang unggul (Goncalves, dkk., 2016). Kekurangan dari STO sebagai material fotokatalis adalah energi celah pita yang tinggi sehingga bekerja pada daerah UV, dan laju rekombinasi *electron-hole*

yang sangat cepat sehingga akan menghambat aktivitas fotokatalitik. Besarnya energi celah pita yang dimiliki STO mengakibatkan STO hanya aktif pada spektrum sinar UV, oleh karena itu perlu adanya studi lebih lanjut untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis STO sehingga material STO ini tidak hanya aktif pada daerah UV saja tetapi juga aktif pada daerah sinar tampak (400–700 nm) secara efektif dan efisien.

Salah satu usaha untuk menggeser fungsi kerja senyawa STO ke daerah sinar tampak adalah dengan penambahan dopan tertentu. Samantaray, dkk. (2005) melaporkan STO yang didoping dengan menggantikan sebagian posisi kation Sr dengan Ba ( $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  (BST),  $x = 2/3$  dan  $1/3$ ) dilaporkan dapat menurunkan energi celah pita menjadi 1,89 dan 1,87 eV. Tubchareon, dkk. (2014) mensintesis  $\text{Ba}_{0,5}\text{Sr}_{0,5}\text{TiO}_3$  dengan metode sol-gel dan diperoleh energi celah pita sebesar 2,80 eV. Hal ini menunjukkan bahwa penggantian kation A dapat menurunkan energi celah pita.

Sintesis BST telah dilakukan dengan berbagai metode. Beberapa metode konvensional telah dikembangkan untuk mensintesis BST, seperti metode reaksi padatan (Xue dan Xiong, 2009), metode hidrotermal (Liu dan Liu, 2014), metode sol-gel (Wu, dkk., 2000), kopresipitasi (Li, dkk., 2009), dan metode lelehan garam (Zhang, dkk., 2017). Metode lelehan garam memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan metode lainnya. Keunggulan dari metode ini adalah (a) menggunakan suhu yang relatif lebih rendah daripada metode padatan, (b) menggunakan garam yang dilelehkan sebagai pelarutnya, sehingga penguapan dapat diminimalisir, (c) garam relatif stabil, mudah digunakan, dan mudah dihilangkan dengan adanya penambahan air, (d) menghasilkan produk yang relatif murni dengan suhu yang

relatif rendah, dan (e) ramah lingkungan (Ke., dkk., 2007; Kimura dan Kanazawa, 1983; Porob dan Maggard, 2006). Yulianti (2012) juga melaporkan bahwa metode lelehan garam memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode konvensional. Keuntungan tersebut diantaranya bentuk (morfologi) dan ukuran kristal dapat dikendalikan serta campuran lebih homogen. Menurut Roy, dkk. (2011) dan Zhang, dkk. (2017), morfologi yang seragam dan rapi akan membantu dalam transport elektron sehingga akan meningkatkan aktifitas fotokatalisis karena rekombinasi *electron-hole* bisa dicegah.

Garam tunggal NaCl banyak digunakan pada proses sintesis menggunakan lelehan garam selain karena garam tersebut relatif lebih murah dan mudah didapatkan, Pazik, dkk. (2006) melaporkan telah berhasil mensintesis BST terdoping  $\text{Eu}^{3+}$  dengan menggunakan lelehan garam NaCl. Morfologi yang diperoleh mempunyai bentuk bulat dan ukuran sekitar 400 nm. Ji, dkk. (2017) mensintesis  $\text{Ba}_{5-x}\text{Sr}_x\text{Nb}_4\text{O}_{15}$  menggunakan metode lelehan garam NaCl dan diperoleh puncak yang tajam berkorelasi dengan struktur perovskit fase tunggal dengan tingkat kristalinitas yang tinggi. Morfologi yang diperoleh berbentuk pelat berlapis dengan ketebalan sekitar 300 nm dan panjang 1  $\mu\text{m}$ .

Zhao, dkk. (2014) mensintesis bismuth titanat dengan waktu 2 jam pada suhu 850, 900, dan 950°C, sedangkan Marella, (2017) menggunakan waktu 4 jam pada suhu 800, 850, 900, dan 950°C. Penggunaan waktu yang cukup singkat dan diimbangi oleh penggunaan suhu yang tinggi akan memerlukan energi yang lebih tinggi, sementara pada suhu yang rendah fasa pengotor juga muncul sebagai akibat belum sempurnanya reaksi. Arney, dkk. (2008) menjelaskan bahwa dengan meningkatnya waktu sintesis akan meningkatkan ukuran partikel produk, sehingga

penggunaan waktu yang lebih lama (8 jam) dengan suhu sintering 900°C akan digunakan pada penelitian ini untuk menghasilkan produk yang lebih baik.

Berdasarkan uraian tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis material  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ , ( $x= 0, 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl. Karakterisasi fasa yang terbentuk menggunakan teknik Difraksi Sinar-X (XRD), karakterisasi morfologi, ukuran partikel, serta komposisi unsur senyawa menggunakan instrumen *scanning electron microscopy-energy dispersive spectroscopy* (SEM-EDS), dan penentuan energi celah pita menggunakan instrumen *Ultraviolet-Visible diffuse reflectance spectroscopy* (UV-Vis DRS).

## 1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana struktur kristal, morfologi, ukuran partikel, komposisi unsur senyawa, dan energi celah pita material fotokatalis  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  ( $x= 0, 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur kristal, morfologi, ukuran partikel, komposisi unsur senyawa, dan energi celah pita material fotokatalis  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  ( $x= 0, 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Sintesis  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  dengan rasio molar  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3/\text{NaCl} = 1: 7$

2. Suhu sintering yang digunakan adalah 900°C

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kelebihan material fotokatalis  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  yang disintesis dengan metode lelehan garam dan memberikan informasi mengenai struktur, morfologi, ukuran partikel, komposisi unsur senyawa, dan energi celah pita material fotokatalis  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ .



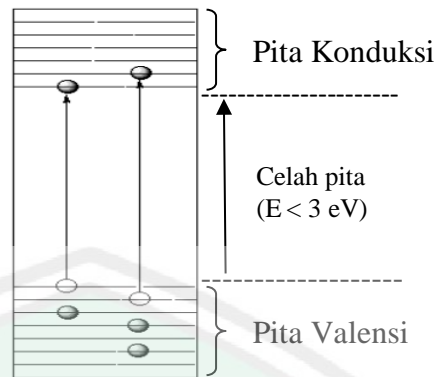
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Material Semikonduktor sebagai Fotokatalis

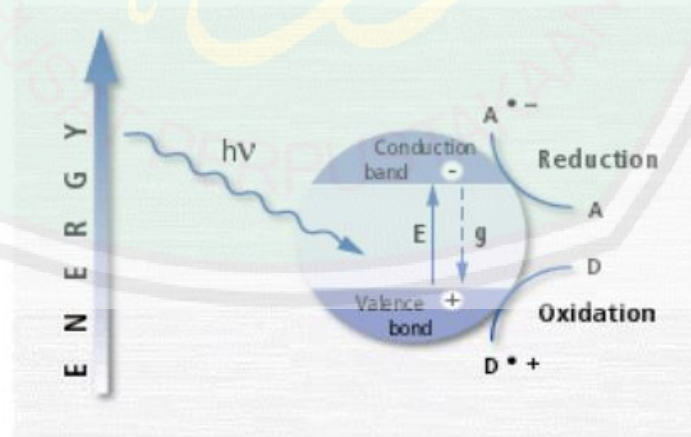
Semikonduktor adalah sebuah bahan dengan konduktivitas yang berada diantara isolator dan konduktor (Sistesya, 2013). Semikonduktor merupakan material yang memiliki ciri-ciri terisinya pita valensi dan kosongnya pita konduksi serta tidak adanya elektron pada celah pita diantara pita konduksi dan pita valensi (Palupi, 2006). Bila semikonduktor dikenai cahaya dengan energi yang sama atau lebih besar dari energi celah pitanya, maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi menghasilkan *hole* ( $h^+$ ) pada pita valensi (Ismunandar, 2006). Elektron pada pita konduksi dan *hole* pada pita valensi dapat mengalami rekombinasi dan melepaskan energi panas atau terjebak dalam permukaan metastabil dan bereaksi dengan elektron donor atau akseptor yang teradsorpsi pada permukaan semikonduktor (Hoffman, dkk, 1995). Semikonduktor dapat berperan sebagai fotokatalis dalam reaksi oksidasi dan reduksi bergantung pada besarnya energi celah pita dan jenis senyawa kimia yang akan dioksidasi dan direduksi (Ismunandar, 2006).

Semikonduktor memiliki energi celah pita cukup kecil. Rentang energi celah pita untuk semikonduktor adalah 1-2 eV, isolator sekitar 6 eV, sedangkan konduktor sangat kecil karena antara pita valensi dan pita konduksi terjadi tumpang tindih (*overlap*) (Maslakah, 2015). Struktur pita energi ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Daerah energi celah pita pada semikonduktor (Licciulli, 2002)

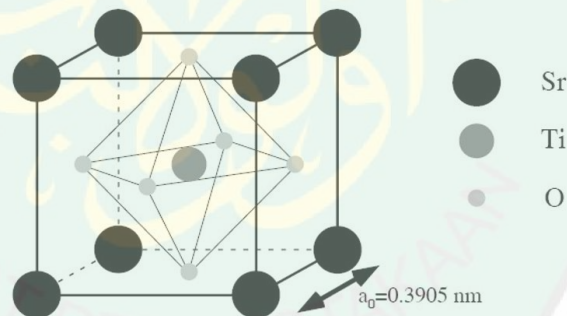
Proses fotokatalitik pada material semikonduktor diawali dengan fotoeksitasi sebagai akibat cahaya yang mengenai bahan semikonduktor. Cahaya yang mengenai bahan semikonduktor ini memiliki energi yang lebih besar daripada energi celah pita semikonduktor, sehingga dapat mentransfer elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan menghasilkan *hole* ( $h^+$ ) pada pita valensi. Proses mekanisme reaksi fotokatalitik dijelaskan pada Gambar 2.2 (Licciulli, 2002).



Gambar 2.2 Proses mekanisme reaksi fotokatalitik (Licciulli, 2002)

## 2.2 Senyawa SrTiO<sub>3</sub>

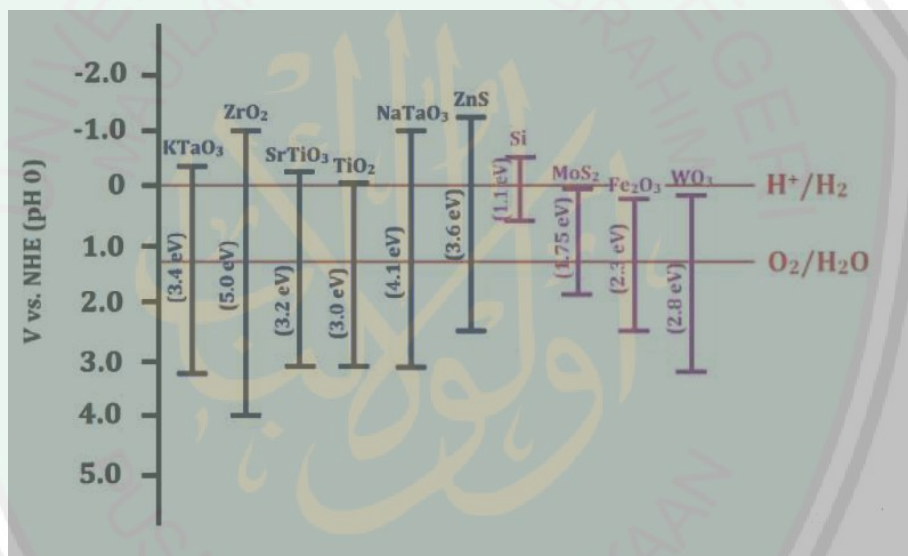
STO merupakan suatu kristal dengan struktur *cubic perovskite* ABO<sub>3</sub> (kelompok ruang *Pm3m*) dengan parameter kisi  $a=b=c$  adalah 0,3905 nm dan kerapatan  $r = 5,12 \text{ g/cm}^3$ . Struktur kristal ditampilkan pada Gambar 2.3 Ion-ion Ti<sup>4+</sup> memiliki 6 bilangan koordinasi yang mengikat ion-ion O<sup>2-</sup>, sedangkan masing-masing ion Sr<sup>2+</sup> dikelilingi oleh empat oktahedral TiO<sub>6</sub>. Oleh karena itu, setiap ion Sr<sup>2+</sup> dikoordinasikan oleh 12 ion O<sup>2-</sup>. Struktur oktahedral TiO<sub>6</sub> memiliki hibridisasi pada O-2*p* dan Ti-3*d* yang menyebabkan terbentuknya ikatan kovalen (Leapman, 1987), sedangkan ion-ion Sr<sup>2+</sup> dan O<sup>2-</sup> menunjukkan karakter ikatan ionik. Oleh karena itu, STO memiliki sifat ikatan kovalen-ionik. Sifat ikatan kimia ini menyebabkan terbentuknya struktur yang unik, yang menjadikannya sebagai bahan elektronik.



Gambar 2.3 Struktur *perovskite* senyawa STO

STO merupakan tipikal jenis *multi-metal oxide*. Hal ini menyebabkan STO memiliki sifat fisik yang berbeda (feroelektrik, piezoelektrik, serta konstanta dielektrik yang tinggi) dan sifat kimia (fotokatalisis). Oleh karena itu, berdasarkan sifat-sifat ini, STO memiliki aplikasi yang luas, misalnya, fotokatalisis, perangkat gelombang mikro, kapasitor, dan beberapa bahan keramik fungsional elektronik.

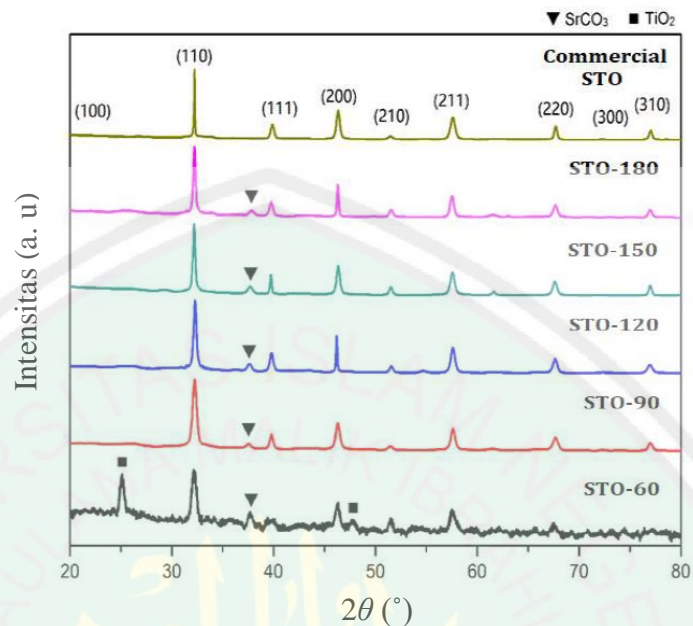
STO adalah fotokatalis tipe perovskit yang menjanjikan untuk dekomposisi air karena energi yang disukai untuk pemisahan air karena celah pita konduksinya adalah sekitar 200 mV lebih negatif dibandingkan dengan celah pita  $\text{TiO}_2$  seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. Selain itu STO memiliki stabilitas kimia dan termal yang tinggi. Dilaporkan bahwa  $\text{Sr}^{2+}$  dari struktur stronsium titanat dapat menerima elektron dalam pita konduksi fotokatalis untuk membentuk  $\text{Sr}^+$ . Kemudian  $\text{Sr}^+$  yang terbentuk juga dapat mengangkut elektron untuk menghasilkan anion radikal superoksida, yang menghambat rekombinasi elektron (Phoon, dkk., 2018).



Gambar 2.4 Tingkat potensial redoks air (Phoon, dkk., 2018)

Banyak metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan STO seperti sol-gel (Xu, dkk., 2015), hidrotermal (Wu, dkk., 2015), pembakaran (Saito, dkk., 2015), prekursor polimer (Silva, dkk., 2011), lelehan garam (Wang, dkk., 2011) dan metode solvotermal (Zheng, dkk., 2013). STO secara dominan diperoleh dengan reaksi keadaan padat konvensional (Trabelsi, dkk., 2016). Sebagian besar metode

ini membutuhkan bahan kimia dengan kemurnian tinggi, membuatnya terlalu mahal untuk sintesis skala industri.



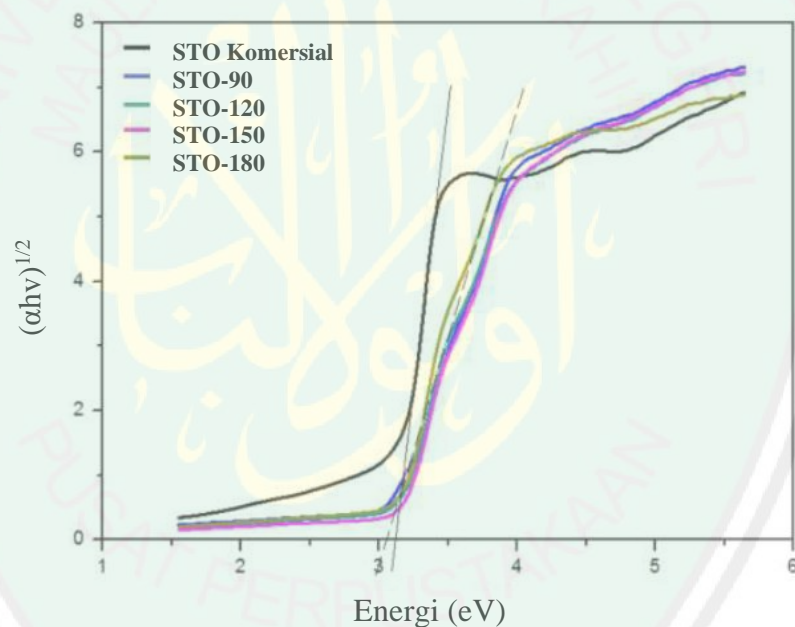
Gambar 2.5 Difraktogram untuk sampel STO komersial dan nanopartikel STO yang disintesis dalam temperatur hidrotermal yang berbeda (Phoon, dkk., 2018)

Phoon, dkk. (2018) melakukan sintesis STO menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu sintesis dari 60°C sampai 180°C. Pola difraksi sinar-X sampel STO produk ditampilkan pada Gambar 2.5 dan diketahui bahwa telah diperoleh senyawa STO tetapi masih ditemukan pengotor  $\text{SrCO}_3$  sedangkan pada sampel STO dengan suhu sintesis 60°C ditemukan juga pengotor  $\text{TiO}_2$ . Hasil pengukuran ukuran kristal dengan menggunakan persamaan Debye-Scherrer dirangkum pada Tabel 2.1 dan diketahui bahwa sampel produk STO dengan suhu sintesis 90°C mempunyai ukuran kristal terkecil dan sampel produk STO dengan suhu sintesis 180°C mempunyai ukuran kristal paling terbesar.

Tabel 2.1 Rata-rata ukuran kristalit dari STO

Sampel	Rata-rata ukuran kristalit (Å)
STO-60	274
STO-90	459
STO-120	487
STO-150	495
STO-180	550
STO Komersial	1036

Hasil pengukuran dengan menggunakan DRS ditampilkan pada Gambar 2.6 dan diperoleh hasil bahwa energi celah pita masing-masing senyawa pada rentang 3,01 eV sampai 3,10 eV (Phoon, dkk., 2018).

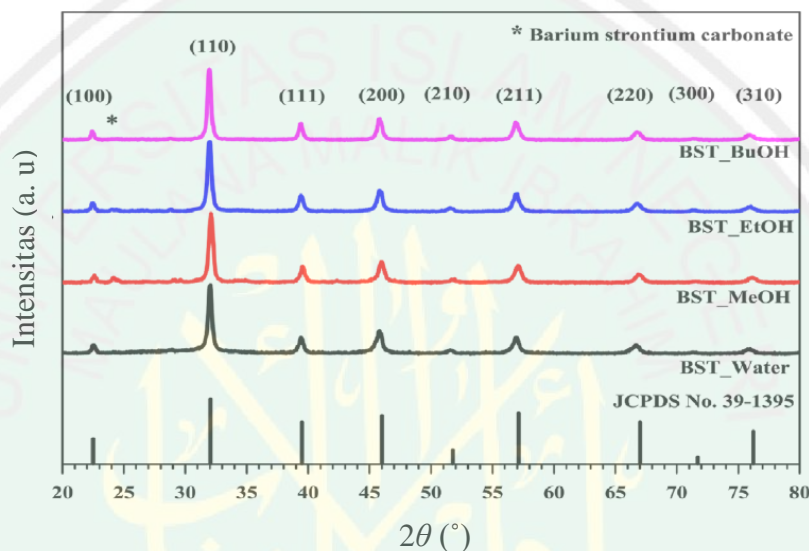


Gambar 2.6 Spektra UV-Vis DRS nanopartikel STO pada suhu yang berbeda (Phoon, dkk., 2018)

### 2.3 Doping pada Senyawa SrTiO<sub>3</sub>

Salah satu usaha untuk menggeser fungsi kerja senyawa STO ke daerah cahaya tampak adalah dengan penambahan dopan tertentu. Logam yang dapat dijadikan dopan adalah logam yang memiliki muatan dan ukuran yang relatif sama

dengan logam yang akan digantikan sehingga dapat mengubah struktur kristal perovskit dengan lebih mudah (Wu, dkk., 2016). Logam Ba memiliki kemampuan untuk menggeser posisi kation A pada STO karena kesamaan muatan ion dan ukuran jari-jari atom yang hampir sama yakni  $\text{Ba}^{2+}$  (224 Å) dan  $\text{Sr}^{2+}$  (215 Å) (Saputri, dkk., 2013).



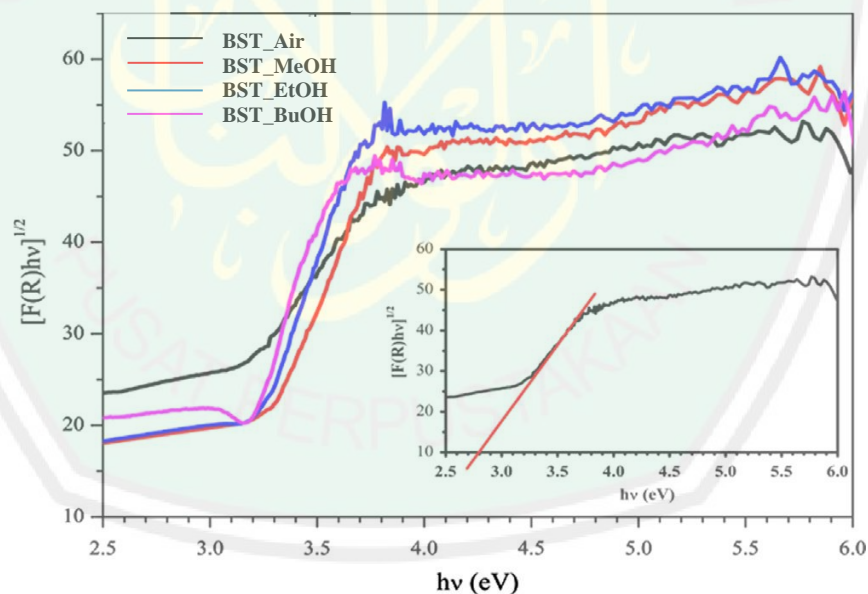
Gambar 2.7 Difraktogram dari BST bubuk menggunakan metode sol-gel dengan variasi pelarut (Tubchareon, dkk., 2014)

Tubchareon, dkk. (2014) melakukan sintesis BST dengan perbandingan molar  $(\text{Ba}+\text{Sr})/\text{Ti}$  adalah 1:1 dan  $\text{Ba}/\text{Sr}$  sebesar 0,5:0,5 menggunakan metode sol-gel dengan variasi pelarut. Pola difraksi sinar-X produk ditampilkan pada Gambar 2.7 dan dapat diketahui bahwa pada sampel sintesis BST dengan pelarut air diperoleh produk yang murni tanpa adanya pengotor, sedangkan sintesis BST dengan pelarut metanol, etanol, dan butanol ditemukan pengotor  $\text{BaSrCO}_3$ .

Tabel 2.2 Ukuran kristal, parameter kisi, dan celah pita bubuk BST dengan variasi pelarut

Sampel	Ukuran kristal (nm)	Parameter kisi (nm)	Celah pita (eV)
BST_Air	30	0,3954	2,80
BST_MeOH	27	0,3944	3,10
BST_EtOH	27	0,2941	3,08
BST_BuOH	28	0,3943	3,07

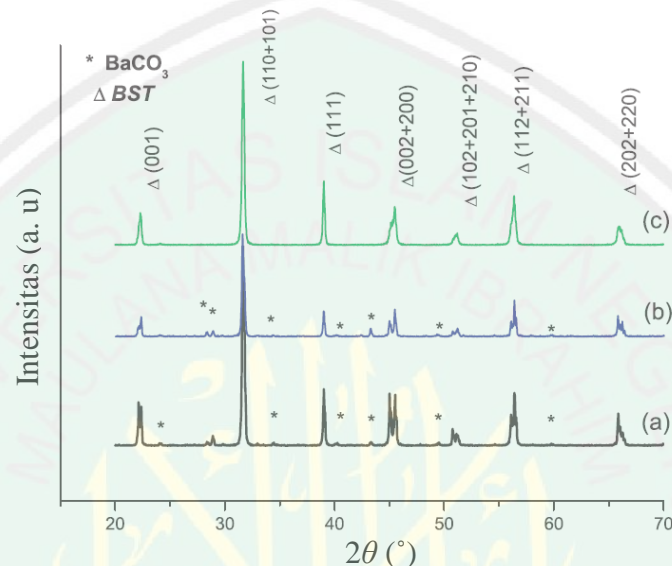
Hasil pengukuran kristal dengan menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* dirangkum pada Tabel 2.2 dan diperoleh hasil bahwa BST yang disintesis dengan pelarut air mempunyai ukuran paling besar. Hasil karakterisasi menggunakan UV-DRS ditampilkan pada Gambar 2.8 dan diperoleh hasil bahwa serapan pada daerah tampak meningkat dengan dopan Ba.



Gambar 2.8 Spektra UV-Vis DRS BST dikalsinasi pada 750°C dengan variasi pelarut (Tubchareon, dkk., 2014)

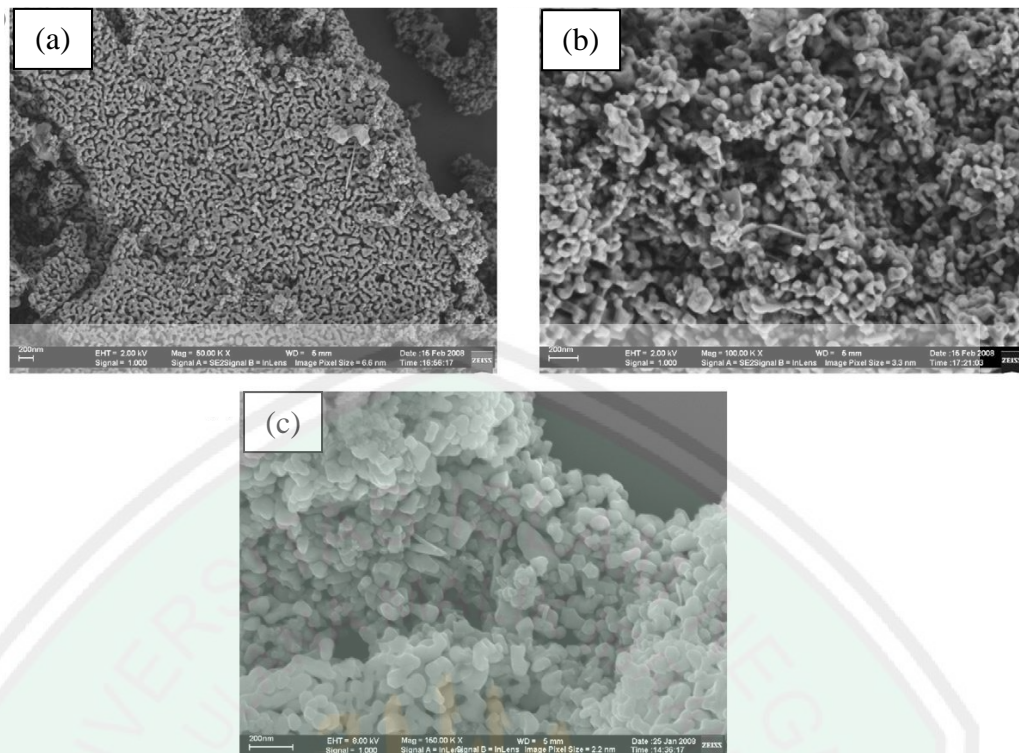
Simoos, dkk. (2010) melaporkan telah mensintesis BST dengan perbandingan molar Ba/Sr sebesar 0,8:0,2 menggunakan metode hidrotermal pada

suhu 100-130°C. Pola difraksi sinar-X produk ditampilkan pada Gambar 2.9 dan diketahui bahwa pada sampel BST dengan suhu sintesis 130°C diperoleh produk murni tanpa adanya pengotor, sedangkan sintesis BST pada suhu sintesis 100°C dan 110°C ditemukan pengotor BaCO<sub>3</sub>.



Gambar 2.9 Difraktogram sintesis BST nanopartikel pada suhu: (a) 100, (b) 110, dan (c) 130°C selama 1 jam menggunakan metode hidrotermal (Simoes, dkk., 2010)

Hasil karakterisasi menggunakan FE/SEM ditampilkan pada Gambar 2.10 dan diperoleh partikel BST berbentuk bola untuk semua nanopartikel yang disintesis. Suhu sintesis yang lebih rendah menyebabkan adanya aglomerat hampir berbentuk bola yang terdiri dari butiran kecil. Di sisi lain, sampel yang disintesis pada suhu 130°C diperoleh partikel dengan bentuk bola yang terdiri dari butiran besar dan dengan distribusi ukuran seragam.



Gambar 2.10 Mikrograf senyawa BST nanopartikel yang disintesis pada suhu: (a) 100, (b) 110, dan (c) 130°C selama 1 jam menggunakan metode hidrotermal (Simoes, dkk., 2010)

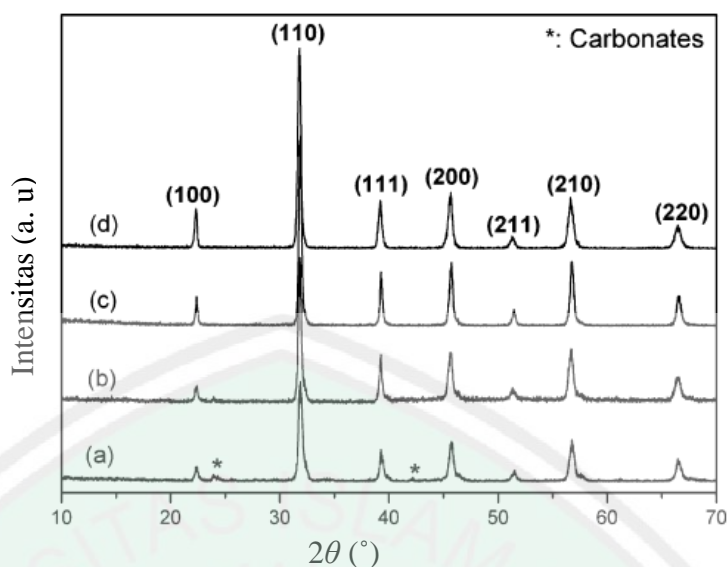
#### 2.4 Sintesis Metode Lelehan Garam

Metode lelehan garam merupakan metode yang sederhana dan hemat biaya dibanding metode yang lain (Li, dkk., 2007). Metode ini dapat menghasilkan produk keramik dengan jumlah besar dalam waktu yang relatif singkat dan suhu yang relatif lebih rendah karena tingkat difusi bahan dasar dipercepat dengan adanya lelehan garam (Yoon, dkk., 1998). Pada umumnya bahan dasar yang digunakan berupa oksida, oksalat, nitrat atau karbonat yang dicampur dengan garam dan dipanaskan pada suhu yang lebih tinggi dari titik leleh garam yang digunakan (biasanya alkali klorida atau sulfat) (Kimura, 2011). Garam atau campuran garam yang digunakan harus memiliki beberapa kriteria, di antaranya

tidak bereaksi dengan bahan dasar atau produk, dapat larut dalam air sehingga mudah untuk dipisahkan, serta memiliki titik leleh yang rendah (Zhou, dkk., 2007).

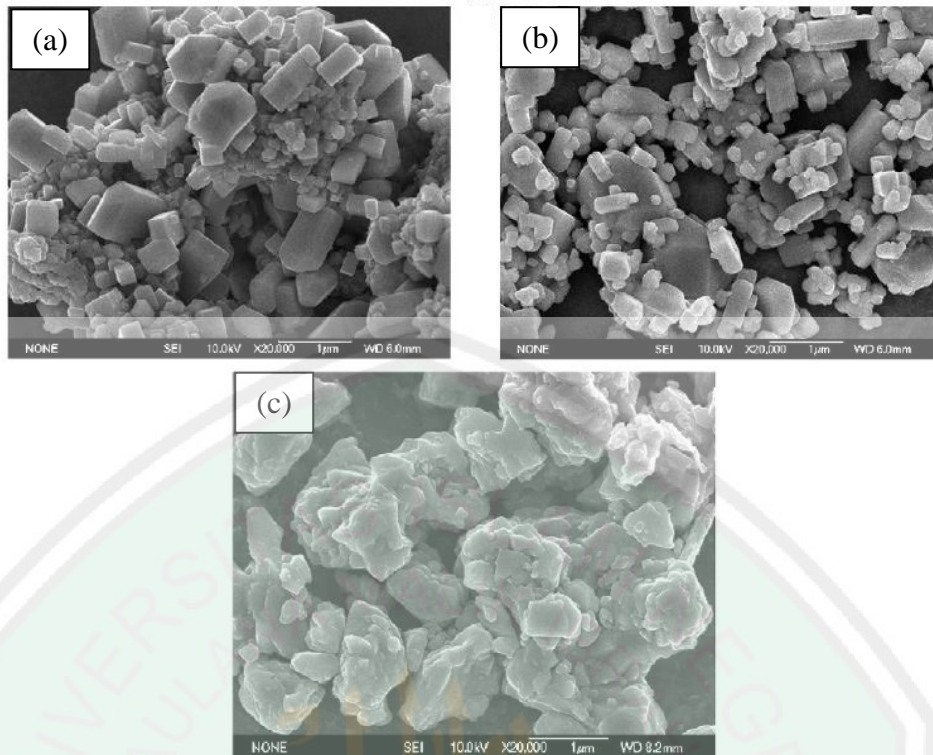
Sintesis dengan metode lelehan garam terdiri dari 3 tahap. Tahap pertama yaitu oksida atau prekursor lain dicampur dengan garam, dimana perbandingan rasio garam lebih besar daripada prekursor sampel. Tahap kedua yaitu campuran dipanaskan pada suhu di atas titik leleh dari medium garam untuk membentuk suatu *molten flux*. Pada suhu ini, molekul prekursor berhamburan, berdisosiasi, mengatur ulang, dan kemudian menyebar dengan cepat ke seluruh garam. Pada tahap ketiga, campuran didinginkan sehingga partikel produk mulai terbentuk dan tumbuh melalui proses pengendapan. Produk dicuci menggunakan air hangat yang bertujuan untuk memisahkan garam dan prekursor, kemudian dikeringkan dalam oven untuk mendapatkan produk akhir yang kering (Xue, dkk., 2018).

Umumnya dalam proses metode lelehan garam, dua mekanisme reaksi mendasar terlibat selama pembentukan produk akhir. Mekanisme pertama adalah semua oksida reaktan dilarutkan sepenuhnya dalam garam cair dan mereka berdifusi untuk bereaksi dalam waktu singkat. Mekanisme kedua adalah bahwa beberapa reaktan lebih banyak terlarut dalam garam cair daripada komponen lain, sehingga sulit ke permukaan komponen lain dan bereaksi dengan mereka, membentuk produk akhir dengan morfologi yang sama sebagai reaktan larut (Xue, dkk., 2018).



Gambar 2.11 Difraktogram serbuk BST pada: (a) 800, (b) 850, dan (c) 900°C selama 2 jam dengan proses MS (d) 1150 °C selama 2 jam dengan metode CS (Mao, dkk., 2007)

Mao, dkk. (2007) melakukan sintesis STO terdoping Ba menggunakan metode *conventional solid-state reaction* (CS) dan *molten salt reaction* (MS) dengan garam NaCl-KCl. Pola difraksi sinar-X produk ditampilkan pada Gambar. 2.11 dan diketahui bahwa pada sampel BST yang diperoleh dengan metode MS dengan suhu kalsinasi 850 dan 900°C serta 1150°C dengan metode CS diperoleh senyawa murni tanpa adanya pengotor sedangkan pada sampel BST yang disintesis dengan metode MS dengan suhu kalsinasi 800°C ditemukan pengotor berupa karbonat. Hasil karakterisasi menggunakan SEM senyawa produk ditampilkan pada Gambar 2.12 dan diketahui bahwa partikel mempunyai bentuk polihedral seperti balok dengan ukuran nanometer dan distribusi ukuran yang seragam. Sedangkan hasil berbeda ditunjukkan pada STO terdoping Ba yang disintesis menggunakan metode CS yang menghasilkan partikel tak beraturan dengan aglomerasi yang buruk.



Gambar 2.12 Mikrograf senyawa BST yang disintesis pada suhu: (a) 850, (b) 900°C, selama 2 jam dengan proses MS; dan (c) 1150°C selama 2 jam dengan metode CS (Mao, dkk., 2007)

## 2.5 Material Semikonduktor sebagai Fotokatalis dalam Perspekti Islam

Manusia khususnya umat Islam dengan segala kelalaiannya diharapkan supaya menjadi wakil Tuhan di bumi (khalifah). Dalam surat al-baqarah ayat 30:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً ۗ قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

Artinya: *Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para Malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi"<sup>22</sup> Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui."*

Dalam tafsir al- Misbah dijelaskan bahwa kata Khalifah pada mulanya berarti yang menggantikan atau yang datang sesudah siapa yang datang sebelumnya. Atas dasar ini, ada yang memahami kata khalifah disini dalam arti yang menggantikan Allah dalam menegakkan kehendak-Nya dan menerapkan ketetapan-ketetapan-Nya, tetapi bukan karena Allah tidak mampu atau menjadikan manusia berkedudukan sebagai tuhan, namun karena Allah bermaksud menguji manusia dan memberinya penghormatan (Shihab, 2012).

Bentuk tugas kekhalfahan dalam menjaga bumi ini disampaikan melalui firman Allah SWT dalam Q.S. al-Mulk (67) ayat 3 sebagai berikut:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۚ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَافُوتٍ ۗ فَارْجِعِ  
الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ

Artinya: “Yang Telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka Lihatlah berulang-ulang, Adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?”.

Ayat ini menjelaskan bentuk kekuasaan Allah dengan menciptakan tujuh langit yang tersusun berlapis-lapis, kemudian Allah memerintahkan hamba-Nya untuk memperhatikan keseimbangan alam yang Allah ciptakan tersebut. Pada ayat selanjutnya (ayat 4 dan 5), Allah kembali menegaskan bahwa ciptaan-Nya tidak terdapat cacat sedikitpun. Keberadaan alam diciptakan dengan sangat serasi dan selaras, sehingga kondisi alam dapat berjalan sesuai dengan tujuan penciptaannya (Shihab, 2001). Dalam pandangan Fiqh Lingkungan terdapat beberapa hal dimana manusia sebagai khalifah di bumi perlu menjalankan amanatnya untuk menjaga sebagai bentuk pemeliharaan lingkungan hidup diantaranya yaitu (Yafie, 2006):

1. Perlindungan jiwa raga (hifdh al nafs).

Setiap jiwa dan ragaa makhluk hidup adalah hal yang mulia. Oleh sebab itu perlu adanya penjagaan dan perlindungan yang senantiasa dijalankan pada setiap makhluk hidup (manusia, hewan, tumbuhan) tanpa memandang status derajatnya.

2. Menyelaraskan tujuan kehidupan dunia akhirat.

Menyelaraskan antara tujuan dunia dan akhirat adalah bagaimana manusia dapat memenuhi kebutuhan dalam menjalankan roda kehidupan namun tidak melupakan tujuan akhirat yaitu mendapatkan ridho Allah SWT.

3. Kebutuhan akan produksi dan konsumsi harus seimbang.

Fiqih lingkungan mengatur tatanan kebutuhan manusia dalam hal memproduksi atau mengkonsumsi sesuatu harus sesuai dengan kadar kemampuan manusia untuk mencukupi kebutuhan tersebut. Hal ini didasarkan pada larangan manusia untuk berlebih-lebihan dalam segala hal.

4. Keseimbangan ekosistem harus dijaga.

Tugas manusia untuk mengolah dan melestarikan alam tidak luput dari peran serta manusia dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Jika ekosistem terjaga maka manusia akan lebih mudah dalam memenuhi kebutuhannya.

5. Semua makhluk adalah mulia (muhtaram).

Selaras dengan menjaga keseimbangan ekosistem, maka didalamnya manusia juga harus menjaga setiap makhluk hidup didunia, sebab makhluk hidup selain manusia dapat juga dimanfaatkan secara seimbang tidak diburu untuk kepunahannya.

6. Manusia menjalankan tugas kekhalifahannya dalam hal mengolah dan mengelola alam semeta.

Limbah industri tekstil harus dikelola terlebih dahulu untuk menjadikannya aman ketika dibuang ke lingkungan perairan. Material  $\text{BaSrTiO}_3$  terdiri atas logam-logam yang dapat digunakan dalam proses pengolahan limbah zat warna. Logam tersebut merupakan alat serta bentuk kebermanfaatan untuk manusia sebagaimana ditegaskan oleh Allah SWT dalam surat Ar-Ra'd (13) ayat 17:

أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَابِيًا ۚ وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِي النَّارِ ابْتِغَاءَ حِلْيَةٍ أَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِثْلُهٗ ۚ كَذٰلِكَ يَضْرِبُ اللّٰهُ الْحَقَّ وَالْبَاطِلَ ۚ فَاَمَّا الزَّبَدُ فَيَذٰهَبُ جُفَاءً ۗ وَاَمَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْاَرْضِ ۚ كَذٰلِكَ يَضْرِبُ اللّٰهُ الْاَمْثَالَ

Artinya: “Allah telah menurunkan air (hujan) dari langit, maka mengalirlah air di lembah-lembah menurut ukurannya, maka arus itu membawa buih yang mengambang. Dan dari apa (logam) yang mereka lebur dalam api untuk membuat perhiasan atau alat-alat, ada (pula) buihnya seperti buih arus itu. Demikianlah Allah membuat perumpamaan (bagi) yang benar dan yang bathil. Adapun buih itu, akan hilang sebagai sesuatu yang tak ada harganya; adapun yang memberi manfaat kepada manusia, maka ia tetap di bumi. Demikianlah Allah membuat perumpamaan-perumpamaan”.

Tambang yang diolah dengan menggunakan api akan menghasilkan perhiasan seperti emas dan perak serta dapat pula dihasilkan peralatan seperti besi dan tembaga. Ada juga yang tidak dapat dimanfaatkan, yang muncul di permukaan. Nah, yang tidak dapat dimanfaatkan itu hanya akan terbuang, sedangkan yang dapat digunakan akan bertahan (Shihab, 2002). Besi dan tembaga merupakan bentuk logam begitu pula dengan strontium, barium, dan titanium. Salah satu bentuk pemanfaatan logam yang dilebur dalam api adalah dengan mensintesis material  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  agar dapat mendegradasi limbah industri tekstil.

Proses degradasi menggunakan material  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  membutuhkan cahaya matahari sebagai sumber foton untuk mengeksitasi elektron, sehingga material tersebut akan aktif dalam mendegradasi limbah zat warna. Anjuran untuk memanfaatkan cahaya matahari sesuai dengan firman Allah Swt dalam Q.S. Fushshilat ayat 37:

وَمِنْ آيَاتِهِ اللَّيْلُ وَالنَّهَارُ وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ۚ لَا تَسْجُدُوا لِلشَّمْسِ وَلَا لِلْقَمَرِ  
وَاسْجُدُوا لِلَّهِ الَّذِي خَلَقَهُنَّ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

Artinya: “Dan sebagian dari tanda-tanda kebesaran-Nya ialah malam, siang, matahari dan bulan. janganlah bersujud kepada matahari dan jangan (pula) kepada bulan, tetapi bersujudlah kepada Allah yang menciptakannya, jika kamu hanya menyembah kepadaNya”.

Quraish Shihab menafsirkan, bahwa dalam ayat tersebut Allah mengingatkan tentang kuasa-Nya melalui benda-benda langit. Ayat tersebut menyatakan: *Dan diantara ayat-ayat yaitu tanda-tanda ke-Esaan dan kekuasaan-Nya adalah malam dan siang, serta matahari dan bulan. janganlah sujud kepada matahari dan janganlah pula kepada bulan, karena keduanya adalah makhluk ciptaan-Nya tetapi sujudlah kepada Allah yang menciptakan keempatnya yaitu malam, siang, matahari dan bulan, jika memang kamu hanya kepadanya saja menyembah* (Shihab, 2006). Dapat dipahami bahwa dengan energi cahaya matahari yang begitu besar bukan berarti kita bisa menjadikannya sebagai sesuatu yang pantas untuk kita sembah. Matahari dapat memberikan manfaat yang begitu besar bagi kehidupan di bumi atas kehendak Allah Swt sebagai tanda kekuasaan-Nya.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus 2019 – Februari 2020 yang bertempat di laboratorium Kimia Anorganik Riset Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat yang digunakan antara lain seperangkat alat gelas, *mortar agate*, neraca analitik, tanur, *hotplate*, seperangkat instrumen XRD, seperangkat instrumen SEM-EDS, dan seperangkat instrumen UV-Vis DRS.

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan antara lain  $\text{SrCO}_3$  (Aldrich, 99% serbuk),  $\text{BaCO}_3$  (Aldrich, 99% serbuk),  $\text{TiO}_2$  anatase (Aldrich 99% serbuk),  $\text{NaCl}$  (Aldrich 99,5% serbuk),  $\text{AgNO}_3$  (Aldrich, larutan 2,5%), aseton, dan akuades.

#### **3.3 Pola dan Rancangan Penelitian**

1. Tahap preparasi bahan dan pemanasan awal

Proses ini mencakup pengadaan bahan dan alat, perhitungan jumlah bahan, penggilingan (*grinding*) material awal, proses homogenasi, serta proses pemanasan awal. Proses pemanasan awal dilakukan di bawah titik leleh garam yang bertujuan untuk menaikkan titik didih dari komponen yang bereaksi.

## 2. Tahapan sintesis BST dengan metode lelehan garam

Proses ini mencakup sintesis dengan metode lelehan garam pada suhu 900°C dengan garam tunggal NaCl, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan sampai suhu ruang, dan penghilangan kadar garam dengan air panas.

## 3. Tahapan karakterisasi

Proses ini mencakup (a) karakterisasi dan analisa produk sintesis menggunakan instrumen XRD untuk mengetahui struktur yang terbentuk, (b) karakterisasi dan analisa morfologi, komposisi, dan ukuran partikel produk menggunakan instrumen SEM-EDS, dan (c) penentuan energi celah pita produk sintesis menggunakan instrumen UV-Vis DRS.

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal

Barium Strontium Titanat,  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) disintesis sebanyak 2,5 gram. Prekursor  $SrCO_3$ ,  $BaCO_3$ , dan  $TiO_2$  yang digunakan dirangkum dalam Tabel 3.1. Prekursor kemudian dihomogenkan dengan digerus dalam *mortar agate* selama satu jam dan ditambahkan aseton untuk menghomogenkan sampel. Sampel kemudian dipanaskan pada suhu 700°C selama enam jam (Marella, 2017).

Tabel 3.1 Massa tiap reaktan hasil perhitungan

Target Senyawa	Massa Target (gram)	Massa pereaksi (gram)			
		$SrCO_3$	$TiO_2$	$BaCO_3$	NaCl
$SrTiO_3$	2,5	2,0113	1,0887	-	5,5540
$Ba_{0,2}Sr_{0,8}TiO_3$	2,5	1,5265	1,0328	0,5101	5,2681
$Ba_{0,4}Sr_{0,6}TiO_3$	2,5	1,0888	0,9823	0,9703	5,0231
$Ba_{0,6}Sr_{0,4}TiO_3$	2,5	0,6921	0,9364	1,3878	4,7780
$Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO_3$	2,5	0,3307	0,8947	1,7679	4,5698

### 3.4.2 Sintesis $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ dengan Metode Lelehan Garam

Sampel dan garam dengan perbandingan mol produk dan garam 1:7 dihomogenkan dengan digerus dalam *mortar agate* selama satu jam. Campuran kemudian dipanaskan dengan suhu  $900^\circ\text{C}$  selama 8 jam. Sampel kemudian dikeluarkan dari dalam tanur, selanjutnya digerus kemudian diletakkan di atas kertas saring dalam corong. Produk kemudian dicuci dengan air panas berulang kali untuk menghilangkan garam alkali dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  sampai kering (Zhao, dkk., 2014; Zulhadjri, dkk., 2011).

### 3.4.3 Karakterisasi Sampel Produk $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$

#### 3.4.3.1 Karakterisasi $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ menggunakan Instrumen XRD

Karakterisasi XRD bertujuan untuk menganalisis produk sintesis dan struktur kristalnya. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar menggunakan XRD dengan radiasi  $\text{Cu } K\alpha$  pada 40 kV dan 300 mA pada rentang  $2\theta = 20-80^\circ$ .

#### 3.4.3.2 Karakterisasi $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ menggunakan Instrumen SEM-EDS

Karakterisasi SEM-EDS bertujuan untuk menganalisis morfologi, ukuran, dan komposisi unsur senyawa. Produk yang telah disintesis kemudian ditempatkan 50 mg sampel pada sampel *holder*. Kemudian ditempatkan pada instrument dan dilakukan analisa menggunakan dengan perbesaran 3.000-40.000 kali (Kan, dkk., 2003).

#### 3.4.3.3 Karakterisasi $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ menggunakan UV-Vis DRS

Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS dilakukan untuk mengetahui energi celah pita dari material hasil sintesis. Sampel yang akan dikarakterisasi dalam

bentuk serbuk halus ditempatkan pada *sample holder* kemudian diukur persentase reflektansinya pada 200–800 nm.

### **3.4.4 Analisis Data**

#### **3.4.4.1 Analisis Data XRD**

Data yang diperoleh dari karakterisasi menggunakan XRD adalah pola difraksi sinar-X yang selanjutnya akan dibandingkan dengan standar BST yang terdapat pada database *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS). Dari data XRD yang didapat selanjutnya dilakukan analisa (*refinement*) dengan perangkat lunak *Rietica* menggunakan metode Le-Bail yang bertujuan untuk mengidentifikasi data kristalografi. Selain itu dari data difraksi sinar-X juga dapat menunjukkan kristalinitas dan kemurnian senyawa hasil sintesis.

#### **3.4.4.2 Analisis Data SEM-EDS**

Hasil karakterisasi SEM-EDS berupa morfologi, ukuran partikel, dan komposisi unsur-unsur penyusun senyawa BST. Gambar hasil karakterisasi diolah menggunakan perangkat lunak *image-J*. Dari semua data akan dibandingkan morfologi partikel yang terbentuk untuk mengetahui pengaruh dopan Ba terhadap morfologi, ukuran partikel, dan komposisi senyawa.

#### **3.4.4.3 Analisis Data UV-Vis DRS**

Hasil karakterisasi dengan UV-Vis DRS berupa data reflektansi. Data reflektansi dianalisa menggunakan persamaan Kubelka-Munk yang ditunjukkan pada Persamaan 3.1.

$$F(R) = \left( \frac{(1-R)^2}{2R} = \frac{K}{S} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan  $F(R)$  adalah faktor Kubelka-Munk,  $K$  adalah koefisien absorpsi molar,  $S$  adalah koefisien *scattering*, dan  $R$  adalah nilai reflektan yang diukur. Nilai energi celah pita ditentukan dari membuat plot antara energi foton ( $h\nu$ ) (sebagai sumbu  $x$ ) dan  $(F(R).h\nu)^{1/2}$  (sebagai sumbu  $y$ ). Energi foton ( $h\nu$ ) bisa dihitung dari data panjang gelombang yang terukur, dimana  $h\nu = hc/\lambda$  dengan  $c$  adalah tetapan cahaya dan  $h$  adalah tetapan plank. Energi celah pita dihitung secara regresi linier pada nilai  $x$  ( $h\nu =$  energi celah pita) ketika  $y=0$ .

#### 3.4.4.4 Analisis Data dalam Perspektif Islam

Analisis data dalam penelitian berisi tentang bagaimana proses untuk memecahkan penelitian tersebut. Agar penelitian bermanfaat baik dalam hal ilmiah maupun nilai keislaman maka hasil penelitian dilakukan analisa dan diintegrasikan dengan islam melalui Al-Quran dan hadist.

## BAB IV

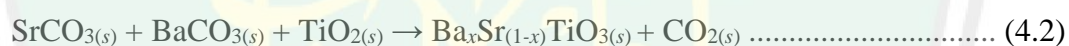
### PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6;$  dan  $0,8$ ) dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl pada suhu  $900^\circ\text{C}$  selama 8 jam. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan (a) teknik difraksi sinar-X untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, (b) SEM-EDS untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, dan kandungan unsur senyawa serta (c) UV-Vis DRS untuk mengetahui energi celah pita dari senyawa tersebut.

#### 4.1 Sintesis $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ dengan Metode Lelehan Garam

Sintesis  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  dilakukan dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl. Prekursor digerus selama satu jam dengan bantuan aseton yang berfungsi untuk meningkatkan homogenitas prekursor (Gambar 4.1a). Aseton digunakan karena mudah menguap pada suhu ruang dan tidak bereaksi dengan prekursor. Selanjutnya material ini (tanpa garam) dipanaskan pada suhu  $700^\circ\text{C}$  (Gambar 4.1b) yang bertujuan untuk menaikkan titik leleh prekursor sehingga penguapan barium karbonat pada suhu tinggi dapat dicegah dan diminimalisir karena senyawa barium karbonat meleleh pada suhu  $811^\circ\text{C}$ .  $\text{BaCO}_3$  akan mengalami dekomposisi termal yaitu pelepasan  $\text{CO}_2$  membentuk BaO (Arvanitidis, dkk., 1996). Pada penelitian Tzu, dkk. (2014) melaporkan bahwa  $\text{BaSrTiO}_3$  yang disintesis menggunakan *solid state method* pada suhu sintesis  $750\text{-}800^\circ\text{C}$  belum membentuk senyawa BST secara sempurna dengan ditemukan adanya prekursor  $\text{BaCO}_3$ . Metode lelehan garam dapat memaksimalkan reaksi antar prekursor,

pembentukan partikel karena tingkat difusi bahan dasar dipercepat dengan adanya lelehan garam (Yoon, dkk., 1998). Sampel digerus kembali selama satu jam bersama dengan garam dan dikalsinasi pada suhu 900°C (Gambar 4.1c) yang diharapkan terjadi reaksi antar prekursor dengan medium lelehan garam NaCl. Produk kemudian dicuci dengan air panas untuk melarutkan garam NaCl sampai didapatkan produk reaksi murni. Sisa NaCl dalam sampel diuji dengan menambahkan larutan AgNO<sub>3</sub> sampai produk tidak mengandung ion Cl<sup>-</sup> yang ditandai dengan tidak terbentuknya warna putih keruh pada filtrat. Kemudian, produk yang telah terpisah dari garam dimasukkan ke dalam oven untuk menghilangkan air. Reaksi yang terjadi selama sintesis dirangkum pada persamaan 4.1 (reaksi pembentukan SrTiO<sub>3</sub>) dan 4.2 (reaksi pembentukan Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub>).



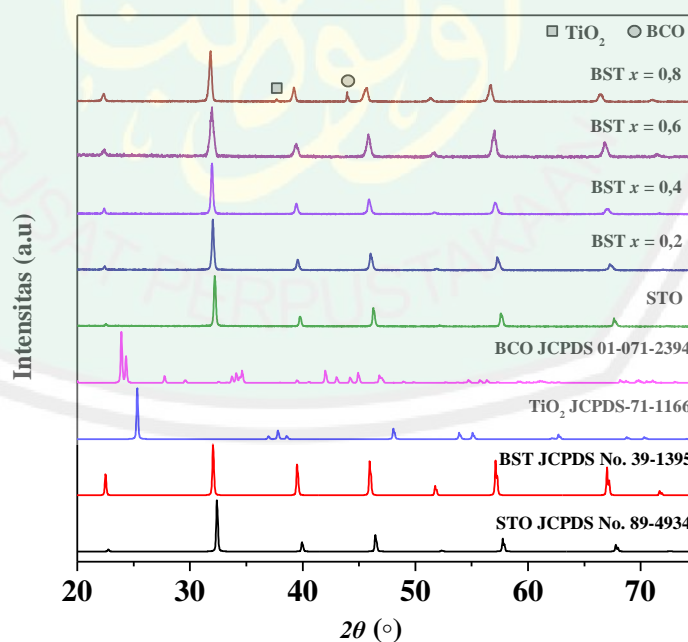
Gambar 4.1 Sintesis Senyawa Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub> saat (a) penggerusan, (b) hasil setelah kalsinasi suhu 700°C, dan (c) setelah kalsinasi suhu 900°C menggunakan lelehan garam NaCl.

Hasil sintesis Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub> ditampilkan pada Gambar 4.1. Pengamatan secara fisik diperoleh hasil bahwa terjadi perubahan warna sampel dari putih

menjadi putih pucat. Perubahan ini mengindikasikan bahwa terjadi reaksi antar prekursor dan terbentuk senyawa baru.

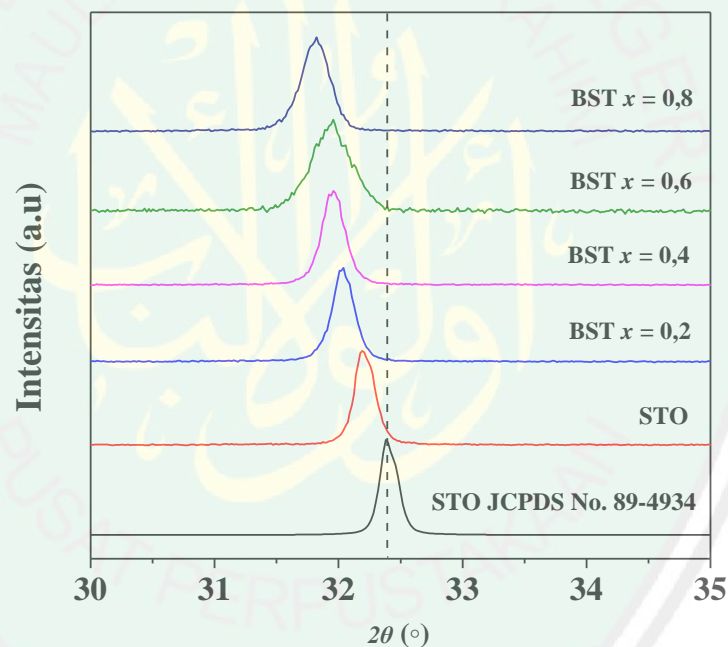
#### 4.2 Karakterisasi Hasil Sintesis $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ menggunakan Instrumen XRD

Difraktogram sampel ditampilkan pada Gambar 4.2, kemudian dicocokkan dengan standar  $SrTiO_3$  pada JCPDS No. 89-4934 dan standar  $BaSrTiO_3$  pada JCPDS No.39-1395, dapat diketahui bahwa telah terbentuk senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6, \text{ dan } 0,8$ ) ditunjukkan dengan puncak-puncak yang memiliki kemiripan dengan difraktogram standar. Pada  $x= 0,8$  ditemukan senyawa pengotor yang ditandai dengan ditemukan puncak pada  $2\theta$  ( $^\circ$ ): 38 ( $TiO_2$ ) dan 44 ( $BaCO_3$ ). Diperolehnya pengotor berupa prekursor mengindikasikan bahwa reaksi yang terjadi belum selesai.



Gambar 4.2 Difraktogram Sinar-X dari  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  menggunakan metode lelehan garam

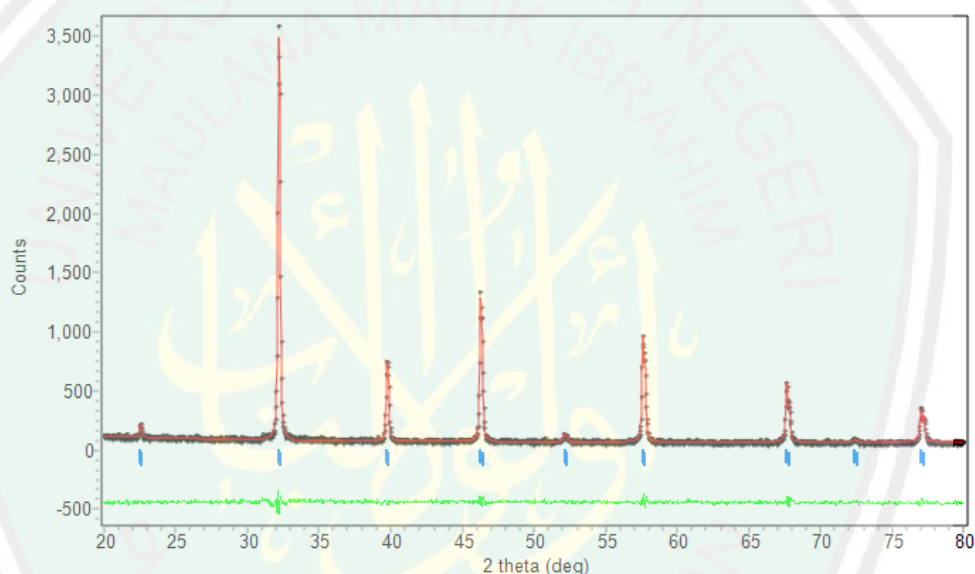
Pergeseran puncak difraksi pada posisi  $2\theta$  ( $^{\circ}$ ): 32,4 ditampilkan pada Gambar 4.3, dan dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi dopan barium menyebabkan posisi puncak bergeser ke arah  $2\theta$  ( $^{\circ}$ ) yang lebih kecil. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan *crystallite size* dari sampel. Perubahan ini dikarenakan ukuran jari-jari ion  $\text{Ba}^{2+}$  yang lebih besar dari  $\text{Sr}^{2+}$ . Pelebaran puncak teramati seiring dengan penambahan dopan barium, yang menunjukkan adanya distorsi, regangan kisi, dan cacat kristal akibat kation  $\text{Ba}^{2+}$  yang disisipkan pada posisi yang ditempati kation  $\text{Sr}^{2+}$  dalam  $\text{SrTiO}_3$ .



Gambar 4.3 Pergeseran puncak difraksi sinar-X senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$

Difraktogram  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  ( $x = 0; 0,2; 0,4$  dan  $0,6$ ) di *refinement* untuk mengetahui data kristalografinya dengan menggunakan metode *Le Bail* pada program Rietica. *Refinement* dilakukan dengan menggunakan data standar  $\text{SrTiO}_3$

JCPDS No. 89-4934 dengan nilai  $a = b = c = 3,9070 \text{ \AA}$ ,  $Z = 1$ , volume sel =  $59,64 \text{ \AA}^3$  dan grup ruang  $Pm-3m$ , sedangkan untuk Data  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  yang digunakan yakni standar  $\text{BaSrTiO}_3$  JCPDS No.39-1395 dengan nilai  $a = b = c = 3,9471 \text{ \AA}$ ,  $Z = 1$ , volume sel =  $61,49 \text{ \AA}^3$  dan grup ruang  $Pm-3m$ . Hasil plot *refinement* untuk  $\text{SrTiO}_3$  ditampilkan pada Gambar 4.4, sedangkan plot *refinement* untuk  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  ( $x=0,2$ ;  $0,4$ ; dan  $0,6$ ) ditampilkan pada Lampiran 3 dan hasil refinement dirangkum pada Tabel 4.1.



Gambar 4.4 Plot hasil *refinement* material  $\text{SrTiO}_3$  menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl.

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  ( $x = 0; 0,2; 0,4$ , dan  $0,6$ ) memiliki kecocokan yang baik dengan data standar  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  yang ditandai dengan nilai profil ( $R_p$ ) dan nilai residu profil terbobot ( $R_{wp}$ ) di bawah angka 10, hal ini menunjukkan bahwa data difraktogram mempunyai kesesuaian dengan data standar (Raharjo, dkk., 2011).

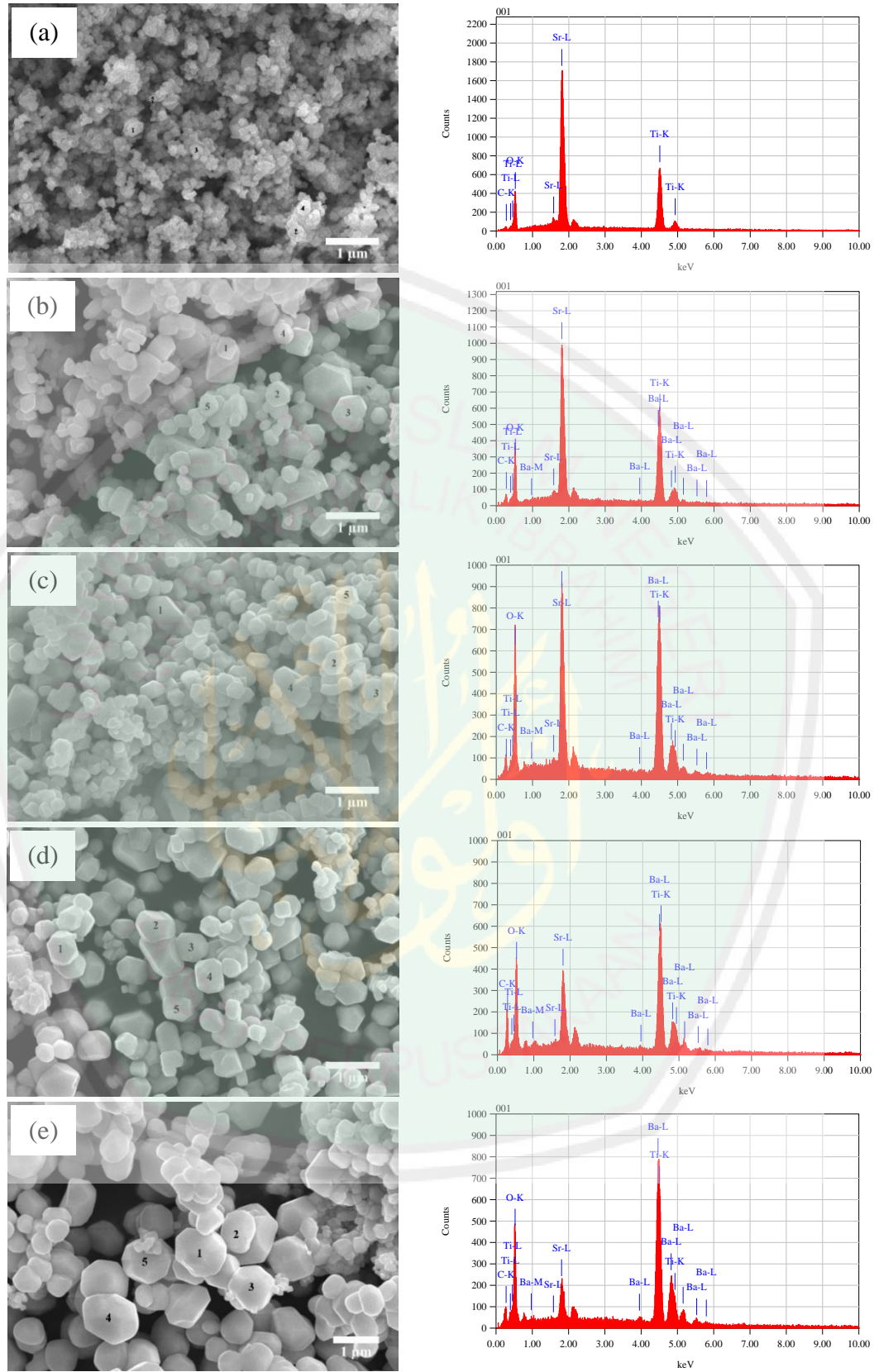
Tabel 4.1 Data kristalografi  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  dari proses *refinement* dengan metode Le Bail

Parameter	SrTiO <sub>3</sub>	Ba <sub>x</sub> Sr <sub>(1-x)</sub> TiO <sub>3</sub>		
		x = 0,2	x = 0,4	x = 0,6
Grup Ruang	<i>Pm-3m</i>	<i>Pm-3m</i>	<i>Pm-3m</i>	<i>Pm-3m</i>
Kisi Kristal	Kubik	Kubik	Kubik	Kubik
Unit Azimetrik (Z)	1	1	1	1
$a=b=c$ (Å)	3,9039	3,9383	3,9472	3,9415
Volume Sel (Å <sup>3</sup> )	59,4987	61,0838	61,4989	61,2318
$R_p$ (%)	8,25	9,82	9,22	11,99
$R_{wp}$ (%)	4,99	6,89	5,81	10,20
$GoF$ ( $\chi^2$ )	0,1044	0,1369	0,1158	0,3327

#### 4.3 Karakterisasi dan Analisis Data Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub> menggunakan Instrumen SEM-EDS

Mikrograp material Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub> dari hasil karakterisasi dengan SEM ditampilkan pada Gambar 4.5, dapat dilihat bahwa material tersebut memiliki partikel yang berbentuk polihedral dengan distribusi ukuran yang seragam. Morfologi ini sama dengan yang dilaporkan oleh Mao, dkk. (2007) yang mensintesis material BaSrTiO<sub>3</sub> dengan metode lelehan garam.

Kenaikan konsentrasi barium yang ditambahkan mengakibatkan perubahan pada ukuran partikel. Dari Gambar 4.5 diketahui bahwa sampel Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub>  $x=0,8$  mempunyai ukuran yang paling besar. Hal ini menandakan bahwa kemampuan difusi atom barium lebih tinggi dibandingkan dengan atom strontium sehingga pertumbuhan kristalnya lebih besar.



Gambar 4.5 Hasil SEM-EDX senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  (a)  $x = 0$ ; (b)  $x = 0,2$ ; (c)  $x = 0,4$ ; (d)  $x = 0,6$ ; dan (e)  $x = 0,8$  yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl.

Li, dkk. (2010) melaporkan bahwa  $\text{SrTiO}_3$  yang disintesis menggunakan metode lelehan garam  $\text{NaCl-KCl}$  memiliki ukuran partikel sekitar 95-184 nm. Sedangkan  $\text{BaTiO}_3$  yang disintesis dengan lelehan garam  $\text{NaCl-KCl}$  oleh Xue, dkk (2017), memiliki ukuran sekitar 320-900 nm. Hasil analisis ukuran partikel  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  dirangkum pada Tabel 4.2., dapat dilihat bahwa semakin banyak konsentrasi barium yang ditambahkan ukuran luas partikel juga semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel bergantung pada jumlah dopan yang ditambahkan.

Tabel 4.2 Ukuran Partikel  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$

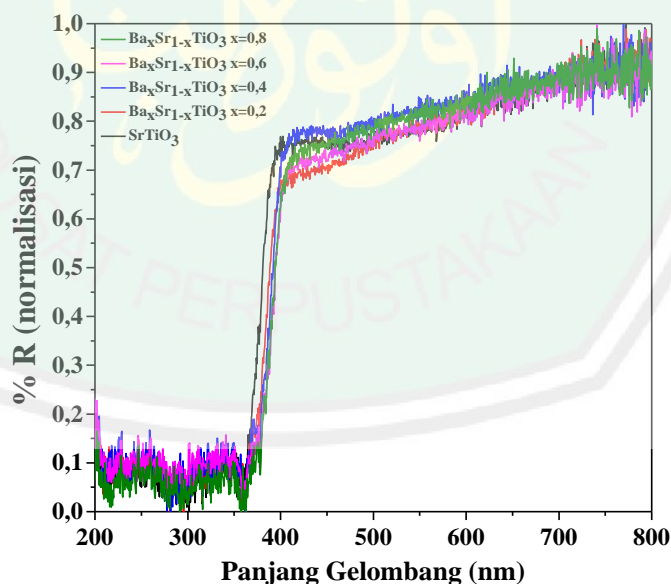
Senyawa	Partikel	Panjang ( $\mu\text{m}$ )	Lebar ( $\mu\text{m}$ )	Luas ( $\mu\text{m}^2$ )
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ $x=0$	1	0,260	0,253	0,066
	2	0,355	0,301	0,107
	3	0,290	0,235	0,068
	4	0,316	0,302	0,095
	5	0,185	0,126	0,023
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ $x=0,2$	1	0,457	0,405	0,185
	2	0,538	0,518	0,279
	3	0,800	0,634	0,507
	4	0,444	0,438	0,194
	5	0,494	0,392	0,194
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ $x=0,4$	1	0,717	0,489	0,351
	2	0,505	0,408	0,206
	3	0,476	0,594	0,283
	4	0,824	0,611	0,503
	5	0,436	0,353	0,174
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ $x=0,6$	1	0,741	0,618	0,458
	2	0,878	0,693	0,608
	3	0,742	0,625	0,464
	4	0,737	0,588	0,433
	5	0,683	0,524	0,358
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ $x=0,8$	1	1,131	1,111	1,256
	2	0,927	0,737	0,683
	3	1,013	0,994	1,007
	4	1,306	1,026	1,340
	5	1,087	1,007	1,095

Hasil analisis EDS ditampilkan pada Gambar 4.5 dan dirangkum pada Tabel 4.3 yang menunjukkan persen berat masing-masing unsur dalam sampel. Berdasarkan data EDS, unsur-unsur penyusun dalam sampel  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  adalah barium, strontium, titanium, dan oksigen. Dapat diamati bahwa kandungan unsur strontium menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi unsur barium.

Tabel 4.3 Persentase unsur-unsur penyusun  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  hasil EDS

Senyawa	Kadar Ba (%)	Kadar Sr (%)	Kadar Ti (%)	Kadar O (%)
$Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ $x=0$	-	42,19	26,60	26,46
$Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ $x=0,2$	20,69	30,69	20,93	20,39
$Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ $x=0,4$	34,98	21,57	15,13	22,51
$Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ $x=0,6$	43,79	12,03	11,32	18,63
$Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ $x=0,8$	62,35	6,14	11,37	15,64

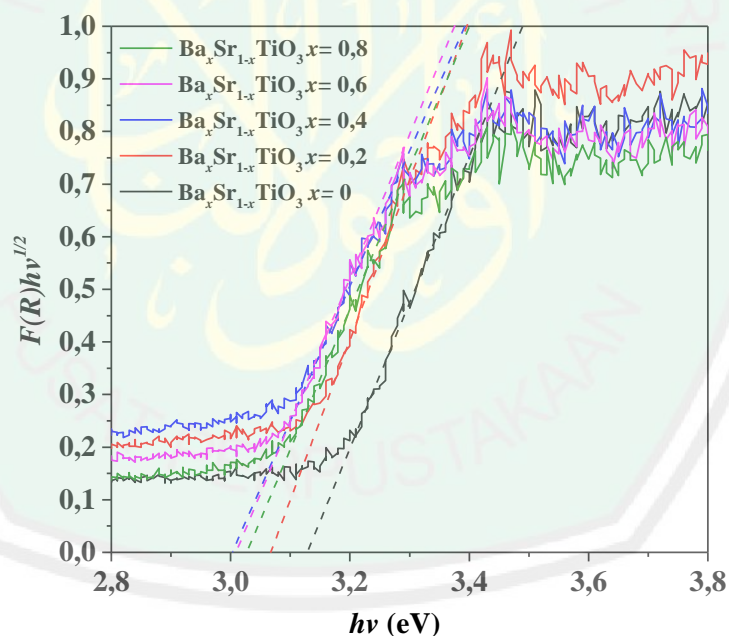
#### 4.4 Karakterisasi dan Analisis Data $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ menggunakan Instrumen UV-Vis DRS



Gambar 4.6 Spektra DRS hubungan % reflektansi dengan panjang gelombang senyawa  $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$  ( $x=0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ).

Spektra  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  yang telah diukur nilai reflektansinya ditampilkan pada Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa doping barium dapat mempengaruhi nilai reflektansi material  $\text{SrTiO}_3$ . Penambahan dopan barium menyebabkan nilai reflektansi yang saling berhimpit dan mengalami sedikit penurunan intensitas reflektansi pada daerah sinar tampak dibandingkan dengan tanpa adanya dopan barium. Hal ini mengindikasikan bahwa dopan barium dapat meningkatkan potensi penyerapan sinar tampak material  $\text{SrTiO}_3$ .

Data tersebut selanjutnya diolah dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk (perhitungan ditampilkan pada Lampiran 7) untuk memperoleh nilai energi celahnya. Plot  $(F(R).hv)^{1/2}$  dengan  $hv$  ditampilkan pada Gambar 4.7 dan nilai energi celah pitanya dirangkum pada Tabel 4.4



Gambar 4.7 Spektra DRS hubungan antara  $F(R)hv^{1/2}$  dengan energi celah pita ( $hv$ ) senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  ( $x=0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ).

Berdasarkan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa penggantian kation Sr/A dengan Ba dapat menurunkan energi celah pita akan tetapi tidak diperoleh tren

penurunan seiring dengan kenaikan konsentrasi Ba. Penurunan energi celah pita optimum terjadi pada  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$   $x=0,4$  yakni sebesar 3,003 eV dengan panjang gelombang 413,19 nm. Sehingga dimungkinkan penurunan energi celah pita optimum oleh pendopongan barium terjadi pada rentang konsentrasi  $0,2 < x < 0,6$ . Penurunan energi celah pita  $\text{SrTiO}_3$  terdoping barium juga dilaporkan dalam penelitian Tubchareon, dkk. (2014), yang melaporkan bahwa energi celah pita senyawa tersebut pada rentang 3,10-2,80 eV. Pengaruh kation A terhadap energi celah pita telah dilaporkan oleh Hur, dkk. (2006), ukuran Ba yang lebih besar daripada Sr dalam penggantian kation A memberikan nilai energi celah pita yang lebih kecil. Hasil pengukuran energi celah pita juga menunjukkan bahwa pendopongan barium menyebabkan pergeseran daerah aktifitas fotokatalis material  $\text{SrTiO}_3$  ke daerah cahaya tampak (ungu).

Tabel 4.4 Nilai energi celah pita dan panjang gelombang senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  ( $x=0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ).

Material	Energi Celah Pita (eV)	Panjang Gelombang (nm)
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ $x=0$	3,128	396,68
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ $x=0,2$	3,068	404,44
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ $x=0,4$	3,003	413,19
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ $x=0,6$	3,010	412,23
$\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ $x=0,8$	3,028	409,78

#### 4.5 Sintesis Material Fotokatalis $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ dalam Perspektif Islam

Seluruh alam raya diciptakan untuk digunakan oleh manusia dalam melanjutkan evolusinya, hingga mencapai tujuan penciptaannya yaitu mengabdikan kepada Allah dengan mengatur dan mengolah alam secara seimbang. Manusia diutus ke dunia sebagai khalifah di bumi. Kedudukan dan peranan manusia sebagai

mahluk yang telah menerima amanat setelah ditolak oleh mahluk-mahluk lainnya. Hal ini menurut Shihab (1999), agar menjaga apa yang telah diciptakan oleh Allah. Atas dasar inilah ia bertanggung jawab baik menyangkut dirinya maupun dunianya, bertanggung jawab untuk memelihara, mengayomi, dan menggunakan dengan baik tanpa merugikan orang lain. Hal ini sejalan dengan hadits nabi yang diriwayatkan oleh Ibnu Majjah (1953):

لا ضرر ولا ضرار

Dari sini jelas bahwa fungsi eksistensi manusia di dunia adalah melaksanakan tugas “Kekhalifahan”, yakni membangun dan mengelola dunia ini sesuai dengan kehendak Allah.

Limbah zat warna yang berbahaya akibat dari ulah tangan manusia harus dikelola terlebih dahulu untuk menjadikannya lebih aman ketika dibuang ke lingkungan perairan. Penelitian ini mensintesis material  $\text{SrTiO}_3$  agar nantinya dapat digunakan masyarakat khususnya bidang industri tekstil sebagai fotokatalis yang efisien dan efektif dalam proses pengolahan limbah tersebut. Pengolahan limbah yang baik merupakan bentuk tindakan manusia sebagai *khalifatullah fi al 'ardh* atau wakil Allah yang ditugaskan untuk menjaga, melindungi, mengelola dan memanfaatkannya demi kemaslahatan manusia serta mahluk hidup lainnya. Surat Fathir (35): 39 menegaskan posisi manusia sebagai *khalifatullah fi al 'ardh* terkait masalah lingkungan.

هُوَ الَّذِي جَعَلَكُمْ خَلَيفَ فِي الْأَرْضِ فَمَنْ كَفَرَ فَعَلَيْهِ كُفْرُهُ قُلْ وَلَا يَزِيدُ الْكَافِرِينَ كُفْرُهُمْ  
عِنْدَ رَبِّهِمْ إِلَّا مَقْتًا وَلَا يَزِيدُ الْكَافِرِينَ كُفْرُهُمْ إِلَّا خَسَارًا

Artinya: “Dia-lah yang menjadikan kamu khalifah-khalifah di muka bumi. Barangsiapa yang kafir, maka (akibat) kekafirannya menimpa dirinya sendiri. Dan kekafiran orang-orang yang kafir itu tidak lain hanyalah

*akan menambah kemurkaan pada sisi Tuhannya dan kekafiran orang-orang yang kafir itu tidak lain hanyalah akan menambah kerugian mereka belaka” (Q.S Fathir (35): 39).*

Penelitian ini merupakan hasil proses berpikir manusia sebagai makhluk yang diberikan kemampuan berupa akal oleh Allah SWT untuk memenuhi tugasnya sebagai *khalifatullah fil al 'ardh*. Seperti halnya pemanfaatan sinar matahari untuk proses pendegradasi limbah zat warna. Matahari sebagai pusat tata surya yang merupakan sumber energi untuk kehidupan yang berkelanjutan. Allah Swt berfirman dalam Q.S Fushshilat ayat 37:

وَمِنْ آيَاتِهِ اللَّيْلُ وَالنَّهَارُ وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ۚ لَا تَسْجُدُوا لِلشَّمْسِ  
وَلَا لِلْقَمَرِ وَاسْجُدُوا لِلَّهِ الَّذِي خَلَقَهُنَّ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

Artinya: “*Dan sebagian dari tanda-tanda kebesaran-Nya ialah malam, siang, matahari dan bulan. Janganlah bersujud kepada matahari dan jangan (pula) kepada bulan, tetapi bersujudlah kepada Allah yang menciptakannya, jika kamu hanya menyembah kepadaNya”.*

Quraish Shihab menafsirkan, bahwa dalam ayat tersebut Allah mengingatkan tentang kuasa-Nya melalui benda-benda langit. Ayat tersebut menyatakan: *Dan diantara ayat-ayat yaitu tanda-tanda ke-Esaan dan kekuasaan-Nya adalah malam dan siang, serta matahari dan bulan. janganlah sujud kepada matahari dan janganlah pula kepada bulan, karena keduanya adalah makhluk ciptaan-Nya tetapi sujudlah kepada Allah yang menciptakan keempatnya yaitu malam, siang, matahari dan bulan, jika memang kamu hanya kepadanya saja menyembah (Shihab, 2006).* Oleh karena itu dapat dipahami bahwa dengan energi cahaya matahari yang begitu besar bukan berarti kita bisa menjadikannya sebagai

sesuatu yang pantas untuk kita sembah. Matahari dapat memberikan manfaat yang begitu besar bagi kehidupan di bumi atas kehendak Allah Swt sebagai tanda kekuasaan-Nya.

Allah berfirman dalam surat Nuh (71): 16 yang berbunyi:

وَجَعَلَ الْقَمَرَ فِيهِنَّ نُورًا وَجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا

Artinya: *“Dan Allah menciptakan padanya bulan sebagai cahaya dan menjadikan matahari sebagai pelita”* (Q.S Nuh (71): 16).

Maksud dari ayat tersebut adalah Allah menciptakan matahari bersinar dan bulan bercahaya yang bermanfaat bagi kehidupan semua makhluk berdasarkan kenyataan, keperluan dan mempunyai hikmah yang tinggi. Dan Allah menerangkan tanda-tanda kekuasaan-Nya itu kepada orang-orang mengakui kenyataan dan beriman berdasarkan bukti-bukti yang diperolehnya.

Penurunan energi celah pita dan pergeseran serapan material pada daerah sinar tampak merupakan salah satu usaha untuk meningkatkan aktifitas fotokatalis  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ , sehingga penggunaannya untuk membantu masyarakat dalam mendegradasi limbah zat warna akan lebih optimal dan efisien. Sebagaimana firman Allah SWT:

إِنَّ اللَّهَ لَا يُعَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُعَيِّرُوهُمَا بِأَنفُسِهِمْ ۗ قُلْ

Artinya: *“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”* (Q.S Ar-ra’d: 11).

Menurut Shihab (2003), kata قوم menunjukkan bahwa perubahan tidak dapat dilakukan sendiri. Hasil penelitian ini merupakan bentuk usaha dalam memperbaiki keadaan sehingga sebagai *khalifallah fil al 'ardh* dengan memahami ilmu Allah SWT berdasarkan kaidah agama dan sains, melalui kehendak-Nya merupakan jalan menuju ridha Allah SWT.



## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa material fotokatalis  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) berhasil disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl. Namun pada  $x= 0,8$  ditemukan adanya pengotor  $TiO_2$  dan  $BaCO_3$ . Morfologi yang terbentuk adalah polyhedral dengan unsur yang terkandung yakni Sr, Ba, Ti, dan O. Berdasarkan data UV-Vis DRS menunjukkan bahwa penurunan energi celah pita optimum terjadi pada  $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$  ( $x= 0,4$ ) yaitu sebesar 3,003 eV. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendopingan barium dapat menurunkan energi celah pita material  $SrTiO_3$  sehingga dapat bekerja pada daerah cahaya tampak.

#### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan sintesis  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  pada rentang  $x= 0,2-0,6$  untuk mengoptimalkan dopan barium dalam menurunkan energi celah pita.
2. Perlu dilakukan uji fotokatalitik untuk mengetahui kemampuan seluruh sampel dalam mendegradasi zat warna.
3. Perlu dilakukan pengukuran spektroskopi fotoluminesensi untuk mengetahui pengaruh perubahan jenis kation A terhadap laju rekombinan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, W. 2001. Degradasi Pentalarofenol dalam Air secara Fotokatalitik dengan TiO<sub>2</sub> yang dimobilisasikan pada Logam Titanium: Evolusi Senyawa Intermediet. *Tesis*. Depok: FMIPA UI.
- Arney, D., Porter, B., Greve, B., Maggard, P. A. 2008. New Molten-Salt synthesis and Photocatalytic Properties of La<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> Particles. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 199(2-3): 230-235.
- Arvanitidis, I., Siche, D., Seetharaman, S. 1996. A study of the thermal decomposition of BaCO<sub>3</sub>. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 27(3): 409–416.
- Goncalves, A., Resende, J., Maarques, A.C., Pinto, J.V., Nunes, D., Mane, A., Goncalves, R., Pereira, L., Martins, R., Fortunato, E. 2016. Smart Optically Active, VO<sub>2</sub> Nanostructured Layers Applied in Roof-Type Ceramic Tiles for Energy Efficiency. *Solid Energy Materials Solid Cells* (150): 1-9.
- Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W., dan Bahnemann, D. W. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Journal Chemistry Review*, 95: 69-96.
- Hur, Su Gil., Kim, Tae Woo, Hwang, Seong-Ju, Choy, Jin-Ho. 2006. Influences of A- and B- site Cations on the Physicochemical Properties of Perovskite-Structure A(In<sub>1/3</sub>Nb<sub>1/3</sub>B<sub>1/3</sub>)O<sub>3</sub> (A=Sr, Ba; B= Sn, Pb) Photocatalysts. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 183: 176-181.
- Ibnu Majah. 1953. *Sunan Ibnu Majah, Kitab al Ahkam*, Bab Man Baniya Fi Haqqihi, Mesir: 'Isa al Babi al Halabi wa syurakah, 11: 784, hadis nomor 2341 (HR.' Ikrimah dari Ibnu 'Abbas).
- Ismunandar. 2006. *Padatan Oksida Logam: Sintesis dan Sifat-sifatnya*. Bandung: Penerbit ITB.
- Ji, Guo-Jin., Zhang, Le-Xi., Zhu, Meng-Ya., Li, Si-Meng., Yin, Jing., Zhao, Li-Xin., Fahlman, Bradley D., Bie, Li-Jian. 2017. Molten-salt synthesis of Ba<sub>5-x</sub>Sr<sub>x</sub>Nb<sub>4</sub>O<sub>15</sub> solid solutions and their enhanced humidity sensing properties. *Ceramics International*.
- Kan, Y., Jin, X., Wang, P., LI, Y., Cheng, Y. B., Yan, D. 2003. Anisotropic Grain Growth of Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> in Molten Salt Fluxes. *Materials Research Bulletin*, 38(4): 567-576.

- Ke, X., Cao, J., Zheng, M., Chen, Y., Liu, J., Ji, G. 2007. Molten Salt Synthesis of Single Crystal  $\text{Co}_3\text{O}_4$  Nanorods. *Materials Letters*, 61(18): 3901-3903.
- Kimura dan Kanazawa. 1983. Fused Salt Synthesis of  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ . *Ceramic International*, 9(1): ISSN 0272-8842.
- Kimura, T. 2011. Molten Salt Synthesis of Ceramic Powders. *Advances in Ceramics—Synthesis and characterization, Processing and Specific Applications*. ISBN 978-953-307-505-1.
- Leapman, R. D., Grunes, L. A., and Fejes, P. L. 1987. Study of the L23 edges in the 3d transition metals and their oxides by electron-energy-loss spectroscopy with comparisons to theory. *Physical Reviews*, 26: 614-635.
- Li, Z., Zhang, S., & Lee, W. E. 2007. Molten salt synthesis of  $\text{LaAlO}_3$  powder at low temperatures. *Journal of the European Ceramic Society*, 27(10): 3201–3205.
- Li, M. L., Liang, H., Xu, M. X. 2009. Preparation of cauliflower-like shaped  $\text{Ba}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{TiO}_3$  powders by modified oxalate co-precipitation method. *Journal of Alloys and Compounds*, 474: 311-315.
- Li, H.-L., Du, Z.-N., Wang, G.-L., dan Zhang, Y.-C. 2010. Low temperature molten salt synthesis of  $\text{SrTiO}_3$  submicron crystallites and nanocrystals in the eutectic  $\text{NaCl-KCl}$ . *Materials Letters*, 64(3): 431–434.
- Licciulli, A., dan Lisi, D. 2002. *Self-Cleaning Glass*. Lecce: Universitas Degli Studio.
- Liu, C., dan Liu, P. 2014. Microstructure and dielectric properties of BST ceramics derived from high-energy ball-milling. *Journal of Alloys and Compounds*, 584: 114-118.
- Mao, Chaoliang., Wang, Genshui., Dong, Xianlin., Zhou, Zhiyong, dan Zhang, Yuanyuan. 2007. Low temperature synthesis of  $\text{Ba}_{0.70}\text{Sr}_{0.30}\text{TiO}_3$  powders by the molten salt method. *Materials Chemistry and Physics*, 106: 164-167.
- Marella, S. D. 2017. Sintesis Senyawa Aurivillius dengan Metode Lelehan Garam. *Skripsi*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Maslakah, Umi. 2015. Analisis Lebar Celah Pita Energi dan Ikatan Molekul Lapisan Tipis a-Si:H yang ditumbuhkan dengan Metode PECVD. *Skripsi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Palupi, E. 2006. Degradasi Metilen Biru dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis menggunakan Film TiO<sub>2</sub>. *Skripsi*. Bogor: Intitut Pertanian Bogor.
- Permatasari, S. O., Wardhani S., Darjito. 2015. Studi Pengaruh Penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Terhadap Degradasi *Methyl Orange* Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-N. *Kimia Student Journal*, 1: 661-667.
- Phoon, B. L., Lai, C. W., Pan, G.-T., Yang, T. C.-K., dan Juan, J. C. 2018. One-pot hydrothermal synthesis of strontium titanate nanoparticles photoelectrode using electrophoretic deposition for enhancing photoelectrochemical water splitting. *Ceramics International*, 44(8): 9923-9933.
- Porob, D. G dan Maggard, P. A. 2006. Synthesis of Textured Bi<sub>5</sub>Ti<sub>3</sub>FeO<sub>15</sub> and LaBi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>FeO<sub>15</sub> Ferroelectric Layered Aurivillius Phases by Molten Salt Flux Methods. *Materials Research Bulletin*, 41(8): 1513-1519.
- Raharjo, H., dan Prasetyo, D. 2011. Sintesis Nano ZnO dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasinya. *Skripsi*. Jurusan Kimia, FMIPA ITS Surabaya.
- Roy P., Berger S., Schuki P. 2011. TiO<sub>2</sub> Nanotube: Synthesis and Applications. *Chemistry International Education*, 50: 2904-2939.
- Saito, G., Nakasugi, Y., Sakaguchi, N., Zhu, C., Akiyama, T. 2015. Glycine-nitrate-based solution-combustion synthesis of SrTiO<sub>3</sub>. *Journal Alloys Compound*, 652: 496-502.
- Salim, Agus., dan Surdaryanto. 2016. Penambahan N pada TiO<sub>2</sub> dan Pengaruhnya pada Energi *Band Gap* TiO<sub>2</sub> sebagai Bahan Pengolahan Limbah. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi reactor Nuklir*, ISBN 976-602-6423-00-9.
- Samantaray, C. B., Sim, H., & Hwang, H. 2005. First-principles study of electronic structure and optical properties of barium strontium titanates (Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>TiO<sub>3</sub>). *Applied Surface Science*, 250(1-4): 146-151.
- Saputri, D. F., dan Hadiati, S. 2013. Pengaruh Doping Strontium pada Lapisan Tipis BaZr<sub>0.20</sub>Ti<sub>0.80</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 9(2).
- Shihab, M. Q. 1999. *Membumikan al-Qur'an*. Bandung: Mizan.
- Shihab, M. Q. 2001. *Tafsir al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keselarasan al-qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian AlQur'an Volume 15*. Jakarta: Lentera Hati.

- Shihab, M. Q. 2003. *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian AlQur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. 2006. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian AlQur'an Volume 12*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. 2012. *Tafsir Al-Misbah Volume 1, hal. 173*. Jakarta: Lentera Hati.
- Silvaa, L. F. da., Maia, L. J. Q., Bernardi, M.I.B., Andrés, J.A., Mastelaro, V. R. 2011. An improved method for preparation of SrTiO<sub>3</sub> nanoparticles, *Material Chemical Physic*. 125: 168–173.
- Simões, A. Z., Mouraa, F., Onofrea, T. B., Ramirezc, M. A., Varelac, J. A., Longo, E. 2010. Microwave-hydrothermal synthesis of barium strontium titanate nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*, 508: 620–624.
- Sistesya, Dilla dan Susanto, Heri. 2013. Sifat Optis Lapisan ZnO:Ag yang Dideposisi di atas Substrat Kaca menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD) dan Aplikasinya pada Degradasi Zat Warna Methylene Blue. *Youngster Physics Journal*, 1 (4): 71-80.
- Trabelsi, H., Bejar, M., Dhahri, E., Sajieddine, M., Valente, M.A., Zaoui, A. 2016. Effect of the oxygen deficiencies creation on the suppression of the diamagnetic behavior of SrTiO<sub>3</sub> compound. *Journal Alloys Compound*, 680: 560-564.
- Tubchareon, T., Soisuwan, S., Ratanathamphan, S., dan Prasertthdam, P. 2014. Effect of carbon-dopant on the optical band gap and photoluminescence properties of [Ba<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>]TiO<sub>3</sub> powders synthesized by the sol-gel process. *Journal of Luminescence*, 145: 919-924.
- Tzu, Teoh Wah., Sato, Kazunori., Noor, Ahmad Fauzi Mohd. 2014. *Solid State Synthesis of Barium Strontium Titanate at 850 °C from mechanically activated BaCO<sub>3</sub>-SrCO<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> mixture*. Japan: Nagaoka University of Technology.
- Wang, C., Feng, C., Gao, Y., Ma, X., Wu, Q., Wang, Z. 2011. Preparation of a Graphene-Based Magnetic Nanocomposite for The Removal of an Organic Dye from Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal*, 173(1): 92-97.
- Wu, D., Li, A.D., Ling, H.Q., Yin, X. B., Ge, C. Z., Wang, M., Ming, N. B. 2000. Preparation of Ba<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>TiO<sub>3</sub> thin films by sol-gel method with rapid thermal annealing. *Applied Surface Science*, 165: 309-314.

- Wu, G., Li, Pi., Xu, D., Luo, B., Hong, Y., Shi, W., Liu, C. 2015. Hydrothermal synthesis and visible-light-driven photocatalytic degradation for tetracycline of Mn-doped SrTiO<sub>3</sub> nanocubes. *Applied Surface Science*, 333: 39–47.
- Wu, L., Lin, X., Zhou, Z., Luo, X., 2016. Removal of uranium and fluorine from wastewater by double-functional microsphere adsorbent of SA/CMC loaded with calcium and aluminum. *Applied Surface Science*, 384: 466-479.
- Xu, H., Zhang, Dandan., Xu, Airong., Wu, Fengmin., Cao, Renqiang. 2015. Quantum Sized Zinc Oxide Immobilized on Bentonite Clay and Degradation of CI Acid Red 35 in Aqueous under Ultraviolet Light. *International Journal of Photoenergy*.
- Xue, H. dan Xiong, Z.X. 2009. The structure and dielectric tunable properties of <001> preferred oriented BST ceramics prepared by templated grain growth method, *Journal Alloys and Compounds*, 467: 338-341.
- Xue, Piaojie., Hu, Yang., Xia, weiren., Wu, Heng., Zhu, Xinhua. 2017. Molten-Salt Synthesis of BaTiO<sub>3</sub> Powders and Their Atomic-Scale Structural Characterization. *Journal Alloy and Compounds*, 695: 2870-2877.
- Xue, Piaojie., Wu, Heng., Lu, Yao., dan Zhu, Xinhua. 2018. Recent Progress in Molten Salt Synthesis of Low-Dimensional Perovskite Oxide Nanostructures, Structural Characterization, Properties, and Functional Applications: A Review. *Journal of Materials Science & Technology*, 34(6): 914–30.
- Yafie, Alie. 2006. *Merintis Fiqih Lingkungan Hidup*. Jakarta: Tama Printing
- Yulianti, Evi., triwahyuni, Dona., Ahda, Syahfandi., dan Deswita. 2012. Pembuatan Bahan Piezoelektrik Ramah Lingkungan Bi<sub>0,5</sub>Na<sub>0,5</sub>TiO<sub>3</sub> dengan Metode Molten Salt. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 14(1): 13-17.
- Yoon, K., H., Cho, Y. S., Kang, D. H. 1998. Molten salt synthesis of lead-based relaxors. *Journal Mater Science*, 33(1): 2977–84.
- Zhang, K., Gao, F., Xu, J., Fu, M., Wang, Li., Zhang, Q., dan Ruan, Q. 2017. Synthesis of Ba<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>TiO<sub>3</sub> platelet crystals based on Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> precursor by topochemical microcrystal conversion. *Journal of Alloys and Compounds*, 726: 955-960.
- Zhao, Z., LI, X., Ji, H., dan Deng, M. 2014. Formation Mechanism of Plate-like Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> Particels in Molten Salt Fluxes Formation Mechanism of Plate-like Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> Particles in Molten Salt Fluxes. *Integrated Ferroelectric: An International Journal*, 154: 37-41.

- Zheng, J.-Q., Zhu, Y.-J., Xu, J.-S., Lu, B.-Q., Qi, C., Chen, F., Wu, J. 2013. Microwave-assisted rapid synthesis and photocatalytic activity of mesoporous Nd-doped SrTiO<sub>3</sub> nanospheres and nanoplates, *Mater. Letters*. 100: 62–65
- Zhou, H., Mao, Y., dan Wong, S.S. 2007. Probing tructure-Parameter Correlation in the Molten Salt Synthesis of BaZrO<sub>3</sub> Perovskite Submicrometer-Sized Particles, *Chemistry of Materials*, 19 (22): 5238-5249.
- Zulhadjri., Prijamboedi, B., Nugroho, A. A., Mufti, N., Fajar, A., Palstra, T. T. M., dan Ismunandar. 2011. Aurivillius Phases of PbBi<sub>4</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>15</sub> Doped with Mn<sup>3+</sup> Synthesized by Molten Salt Technique: Structure, Dielectric, and Magnetic Properties. *Journal of Solid-State Chemistry*, 184(5): 1318–23.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Diagram Alir

#### 1. Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal

SrCO<sub>3</sub>, BaCO<sub>3</sub>, dan TiO<sub>2</sub>

- Dihomogenkan dengan *mortar agate* selama satu jam
- Dipanaskan pada suhu 700°C selama 6 jam

Hasil

#### 2. Sintesis BST dengan metode lelehan garam

Sampel dan garam NaCl dengan perbandingan mol 1 : 7

- Dihomogenkan dengan *mortar agate* selama satu jam
- Dipanaskan pada suhu 900°C selama 8 jam
- Dikeluarkan sampel dari tanur
- Digerus dengan *mortar agate*
- Diletakkan di atas kertas saring dalam corong
- Dicuci dengan air panas berulang kali
- Dilakukan pengecekan garam NaCl dengan ditetaskan larutan AgNO<sub>3</sub> ke dalam filtrat
- Dioven produk pada suhu 110°C sampai kering

Hasil

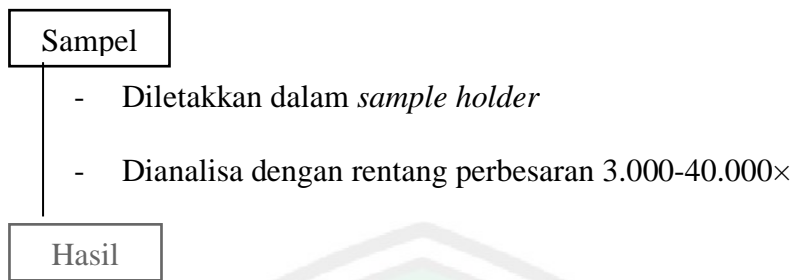
#### 3. Karakterisasi dan Analisis BST menggunakan Instrumen XRD

Sampel

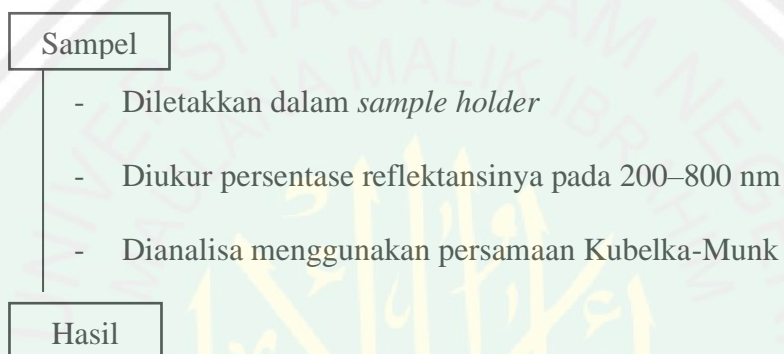
- Diletakkan dalam *sample holder*
- Dianalisa pada rentang  $2\theta(^{\circ}) = 20-80$
- Dilakukan *refinement* menggunakan perangkat lunak Rietica

Hasil

#### 4. Karakterisasi dan Analisis BST menggunakan Instrumen SEM-EDS



#### 5. Karakterisasi dan Analisis BST menggunakan UV-Vis DRS



## Lampiran 2. Perhitungan

Penelitian ini akan disintesis  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  ( $x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; \text{ dan } 0,8$ ) menggunakan lelehan garam tunggal NaCl dengan target massa produk adalah 2,5 gram dan perbandingan mol prekursor  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3 : NaCl$  adalah 1:7. Sehingga perhitungan kebutuhan prekursor diuraikan di bawah ini.

Diketahui:

Mr $SrCO_3$	= 147,6289 g/mol
Mr $BaCO_3$	= 197,3359 g/mol
Mr $TiO_2$	= 79,9 g/mol
Mr NaCl	= 58,34 g/mol
Mr $SrTiO_3$	= 183,49 g/mol
Ar Sr	= 87,62 g/mol
Ar Ba	= 137,327 g/mol
Ar Ti	= 47,867 g/mol

### 1. $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ ( $x= 0$ )

$$\begin{aligned} \text{Mol } SrTiO_3 &= \frac{\text{Massa } SrTiO_3}{\text{Mr } SrTiO_3} \\ &= \frac{2,5 \text{ gram}}{183,49 \text{ g/mol}} = 0,0136 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } SrCO_3 &= \frac{\text{Ar Sr}}{\text{Mr } SrTiO_3} \times \frac{\text{Mr } SrCO_3}{\text{Ar Sr}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{87,62 \text{ g/mol}}{183,49 \text{ g/mol}} \times \frac{147,6289 \text{ g/mol}}{87,62 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 2,0113 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } TiO_2 &= \frac{\text{Ar Ti}}{\text{Mr } SrTiO_3} \times \frac{\text{Mr } TiO_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{47,867 \text{ g/mol}}{183,49 \text{ g/mol}} \times \frac{79,9 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 1,0887 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol SrTiO}_3 \\ &= 7 \times 0,0136 \text{ mol} = 0,0952 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0952 \text{ mol} = 5,5540 \text{ gram}\end{aligned}$$

## 2. $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ ( $x=0,20$ )

$$\begin{aligned}\text{Mol Ba}_{0,2}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3 &= \frac{\text{Massa Ba}_{0,2}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3}{\text{Mr Ba}_{0,2}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3} \\ &= \frac{2,5 \text{ gram}}{193,4284 \text{ g/mol}} = 0,0129 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa SrCO}_3 &= \frac{(\text{Ar Sr} \times 0,8)}{\text{Mr Ba}_{0,2}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr SrCO}_3}{\text{Ar Sr}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{(87,62 \times 0,8) \text{ g/mol}}{193,4284 \text{ g/mol}} \times \frac{147,6289 \text{ g/mol}}{87,62 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 1,5265 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa TiO}_2 &= \frac{\text{Ar Ti}}{\text{Mr Ba}_{0,2}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{47,867 \text{ g/mol}}{193,4284 \text{ g/mol}} \times \frac{79,9 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 1,0328 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa BaCO}_3 &= \frac{(\text{Ar Ba} \times 0,2)}{\text{Mr Ba}_{0,2}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr BaCO}_3}{\text{Ar Ba}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{(137,327 \times 0,2) \text{ g/mol}}{193,4284 \text{ g/mol}} \times \frac{197,3359 \text{ g/mol}}{137,327 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 0,5101 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol Ba}_{0,2}\text{Sr}_{0,8}\text{TiO}_3 \\ &= 7 \times 0,0129 \text{ mol} = 0,0903 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0903 \text{ mol} = 5,2681 \text{ gram} \end{aligned}$$

### 3. $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ ( $x=0,40$ )

$$\begin{aligned} \text{Mol Ba}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{TiO}_3 &= \frac{\text{Massa Ba}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{TiO}_3}{\text{Mr Ba}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{TiO}_3} \\ &= \frac{2,5 \text{ gram}}{203,3698 \text{ g/mol}} = 0,0123 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa SrCO}_3 &= \frac{(\text{Ar Sr} \times 0,6)}{\text{Mr Ba}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr SrCO}_3}{\text{Ar Sr}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{(87,62 \times 0,6) \text{ g/mol}}{203,3698 \text{ g/mol}} \times \frac{147,6289 \text{ g/mol}}{87,62 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 1,0888 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TiO}_2 &= \frac{\text{Ar Ti}}{\text{Mr Ba}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{47,867 \text{ g/mol}}{203,3698 \text{ g/mol}} \times \frac{79,9 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 0,9823 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa BaCO}_3 &= \frac{(\text{Ar Ba} \times 0,4)}{\text{Mr Ba}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr BaCO}_3}{\text{Ar Ba}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{(137,327 \times 0,4) \text{ g/mol}}{203,3698 \text{ g/mol}} \times \frac{197,3359 \text{ g/mol}}{137,327 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 0,9703 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol Ba}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{TiO}_3 \\ &= 7 \times 0,0123 \text{ mol} = 0,0861 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0861 \text{ mol} = 5,0231 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### 4. $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ ( $x=0,60$ )

$$\begin{aligned}\text{Mol Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3 &= \frac{\text{Massa Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3}{\text{Mr Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3} \\ &= \frac{2,5 \text{ gram}}{213,3112 \text{ g/mol}} = 0,0117 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa SrCO}_3 &= \frac{(\text{Ar Sr} \times 0,4)}{\text{Mr Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr SrCO}_3}{\text{Ar Sr}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{(87,62 \times 0,4) \text{ g/mol}}{213,3112 \text{ g/mol}} \times \frac{147,6289 \text{ g/mol}}{87,62 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 0,6921 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa TiO}_2 &= \frac{\text{Ar Ti}}{\text{Mr Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{47,867 \text{ g/mol}}{213,3112 \text{ g/mol}} \times \frac{79,9 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 0,9364 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa BaCO}_3 &= \frac{(\text{Ar Ba} \times 0,6)}{\text{Mr Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr BaCO}_3}{\text{Ar Ba}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{(137,327 \times 0,6) \text{ g/mol}}{213,3112 \text{ g/mol}} \times \frac{197,3359 \text{ g/mol}}{137,327 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 1,3878 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol Ba}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{TiO}_3 \\ &= 7 \times 0,0117 \text{ mol} = 0,0819 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0819 \text{ mol} = 4,7780 \text{ gram}\end{aligned}$$

### 5. $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ ( $x=0,80$ )

$$\begin{aligned}\text{Mol Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3 &= \frac{\text{Massa Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3}{\text{Mr Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3} \\ &= \frac{2,5 \text{ gram}}{223,2526 \text{ g/mol}} = 0,0112 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa SrCO}_3 &= \frac{(\text{Ar Sr} \times 0,2)}{\text{Mr Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr SrCO}_3}{\text{Ar Sr}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{(87,62 \times 0,2) \text{ g/mol}}{223,2526 \text{ g/mol}} \times \frac{147,6289 \text{ g/mol}}{87,62 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 0,3307 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa TiO}_2 &= \frac{\text{Ar Ti}}{\text{Mr Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{47,867 \text{ g/mol}}{223,2526 \text{ g/mol}} \times \frac{79,9 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 0,8947 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa BaCO}_3 &= \frac{(\text{Ar Ba} \times 0,8)}{\text{Mr Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3} \times \frac{\text{Mr BaCO}_3}{\text{Ar Ba}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{(137,327 \times 0,8) \text{ g/mol}}{223,2526 \text{ g/mol}} \times \frac{197,3359 \text{ g/mol}}{137,327 \text{ g/mol}} \times 2,5 \text{ gram} \\ &= 1,7679 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol Ba}_{0,8}\text{Sr}_{0,2}\text{TiO}_3 \\ &= 7 \times 0,0112 \text{ mol} = 0,0783 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0783 \text{ mol} = 4,5698 \text{ gram}\end{aligned}$$

### Lampiran 3. Hasil Karakterisasi menggunakan XRD

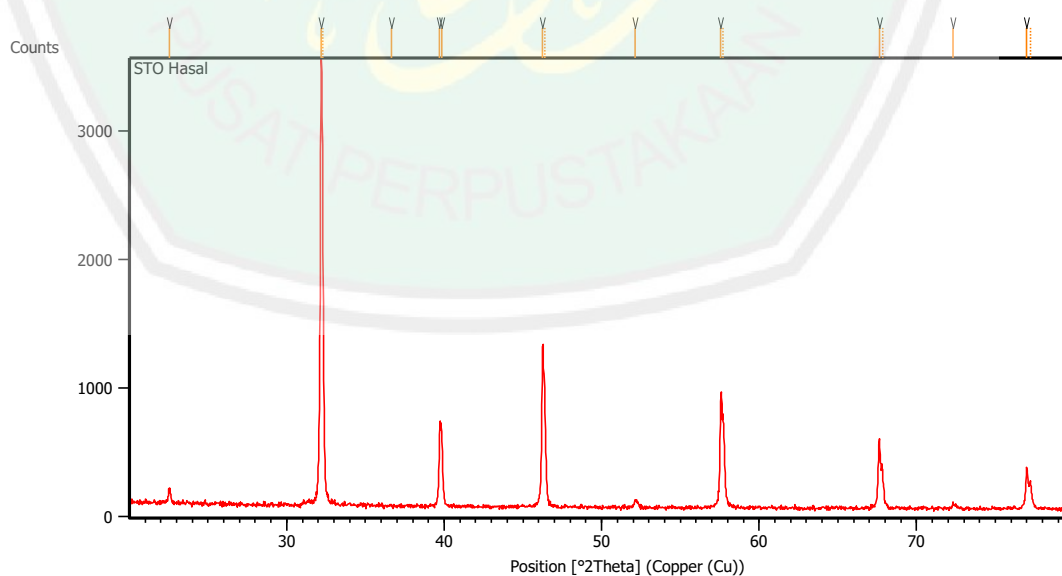
Karakterisasi XRD dilakukan di jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya (ITS). Spesifikasi alat ditampilkan dalam Tabel L.3.1

Tabel L.3.1 Spesifikasi alat XRD

Spesifikasi	Keterangan
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [Å]	1,54060
K-Alpha2 [Å]	1,54443
K-Beta [Å]	1,39225
K-A2 / K-A1 Ratio	0,50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	XPert MPD
Diffractometer Number	1
Start Position [°2Th.]	20.0084
End Position [°2Th.]	79.9844
Sampel	Ba <sub>x</sub> Sr <sub>(1-x)</sub> TiO <sub>3</sub> (x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8)

#### L.3.1 Data Difraksi Sinar-X Senyawa Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub> (x= 0; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8)

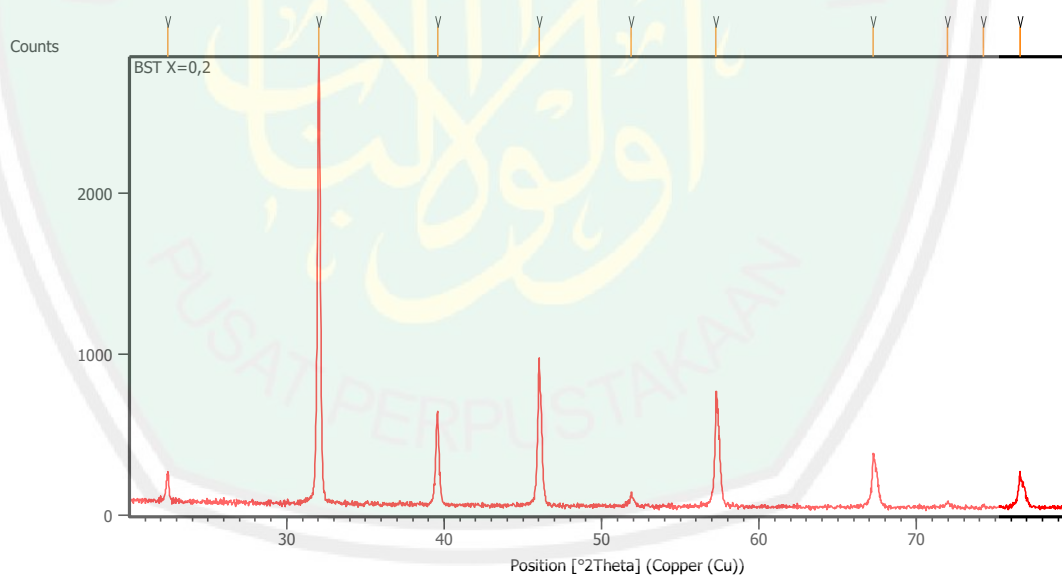
##### L.3.1.1 Pola Difraksi Sinar-X dan Daftar Puncak Senyawa Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub> untuk x= 0



Gambar L.3.1.1 Difraktogram XRD Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub> untuk x= 0

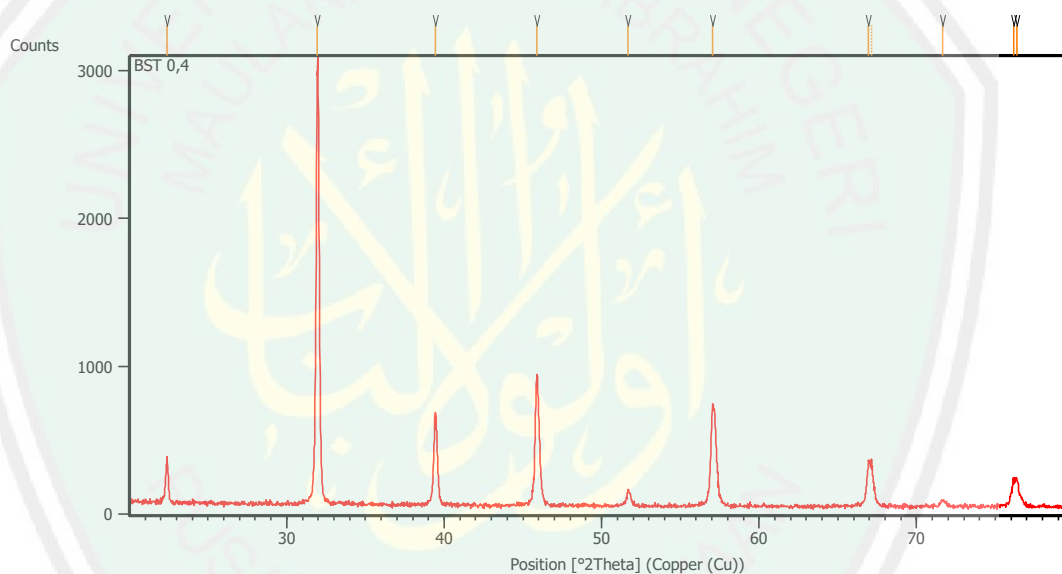
**Tabel L.3.1.1 Daftar Puncak Senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0$** 

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
22.5326	107.44	0.1171	3.94605	3.22
32.1722	3336.52	0.1224	2.78005	100.00
32.2646	2807.07	0.0612	2.77918	84.13
36.6303	13.17	0.2856	2.45128	0.39
39.7136	566.08	0.1224	2.26778	16.97
39.8505	539.63	0.1224	2.26031	16.17
46.2493	1216.59	0.1020	1.96138	36.46
46.3757	918.59	0.0816	1.96119	27.53
52.1456	57.82	0.1632	1.75262	1.73
57.5595	819.00	0.1428	1.59998	24.55
57.7189	665.20	0.1224	1.59990	19.94
67.6266	541.05	0.1224	1.38421	16.22
67.8428	267.73	0.1224	1.38376	8.02
72.3044	39.17	0.1224	1.30574	1.17
76.9858	312.46	0.1224	1.23759	9.36
77.2425	191.18	0.1224	1.23718	5.73

**L.3.1.2 Pola Difraksi Sinar-X dan Daftar Puncak Senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,2$** **Gambar L.3.1.2 Difraktogram XRD  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,2$**

**Tabel L.3.1.2 Daftar Puncak Senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,2$** 

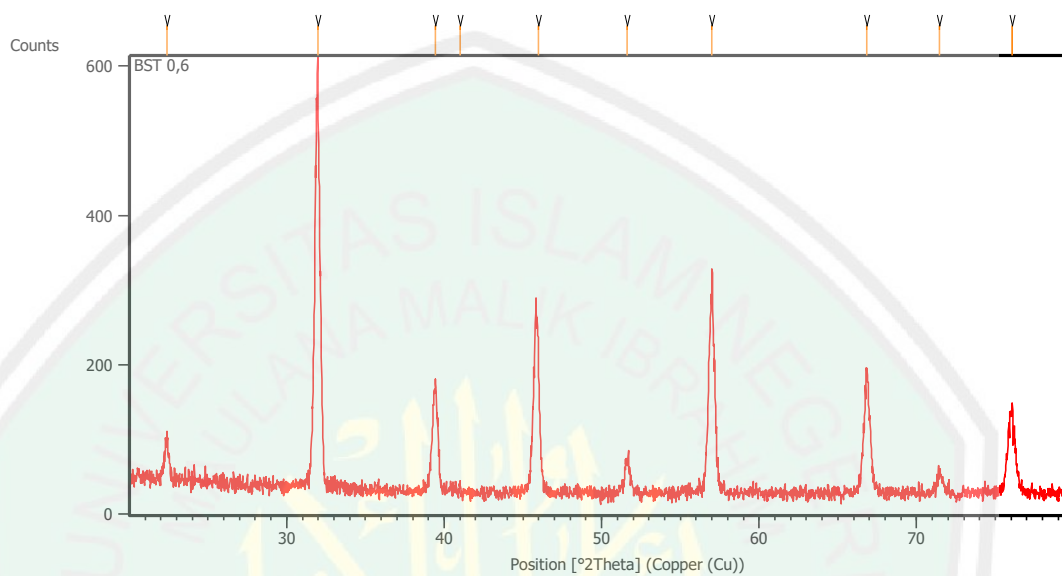
Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
22.4608	178.99	0.1171	3.95849	6.41
32.0163	2790.65	0.1673	2.79554	100.00
39.5722	583.56	0.1338	2.27745	20.91
46.0213	868.63	0.1004	1.97220	31.13
51.8715	81.73	0.1004	1.76269	2.93
57.2601	730.05	0.0836	1.60896	26.16
67.2523	333.70	0.1171	1.39216	11.96
71.9568	30.95	0.2007	1.31228	1.11
74.2351	13.86	0.2007	1.27754	0.50
76.5499	206.03	0.1224	1.24355	7.38

**L.3.1.3 Pola Difraksi Sinar-X dan Daftar Puncak Senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,4$** Gambar L.3.1.3 Difraktogram XRD  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,4$ **Tabel L.3.1.3 Daftar Puncak Senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,4$** 

Pos. [ $^{\circ}2\theta$ .]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2\theta$ .]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
22.3825	299.37	0.1338	3.97218	10.37
31.9394	2887.85	0.1673	2.80209	100.00
39.4183	617.70	0.0836	2.28598	21.39
45.8952	883.15	0.2175	1.97732	30.58
51.6864	114.19	0.1004	1.76857	3.95
57.0498	688.89	0.1338	1.61439	23.85
66.9389	295.61	0.2040	1.39675	10.24
67.1565	266.23	0.1632	1.39622	9.22

71.6577	37.67	0.3264	1.31593	1.30
76.1563	187.93	0.1224	1.24899	6.51
76.3851	171.47	0.1632	1.24582	5.94

### L.3.1.4 Pola Difraksi Sinar-X dan Daftar Puncak Senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,6$

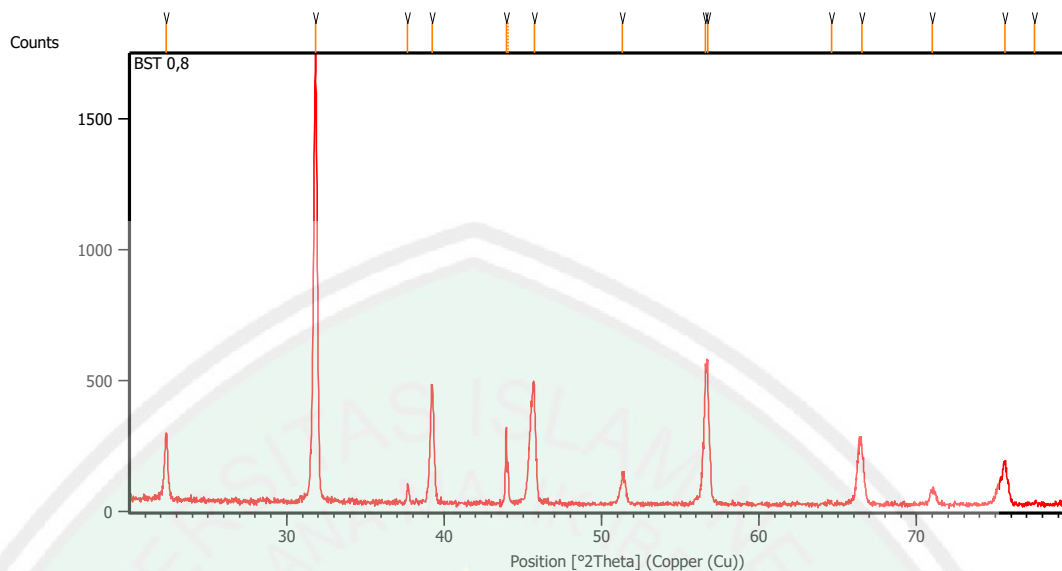


Gambar L.3.1.4 Difraktogram XRD  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,6$

Tabel L.3.1.4 Daftar Puncak Senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,6$

Pos. [ $^{\circ}2Th.$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2Th.$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
22.3776	56.47	0.2342	3.97302	9.81
31.9619	575.60	0.1004	2.80017	100.00
39.4450	145.02	0.3011	2.28449	25.20
41.0082	12.82	0.1004	2.20095	2.23
45.9773	195.54	0.1004	1.97398	33.97
51.6148	44.02	0.3346	1.77086	7.65
57.0013	274.83	0.1338	1.61565	47.75
66.8495	161.66	0.1673	1.39956	28.09
71.4447	27.10	0.3346	1.32042	4.71
76.0418	108.08	0.2342	1.25163	18.78

### L.3.1.5 Pola Difraksi Sinar-X dan Daftar Puncak Senyawa $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,8$



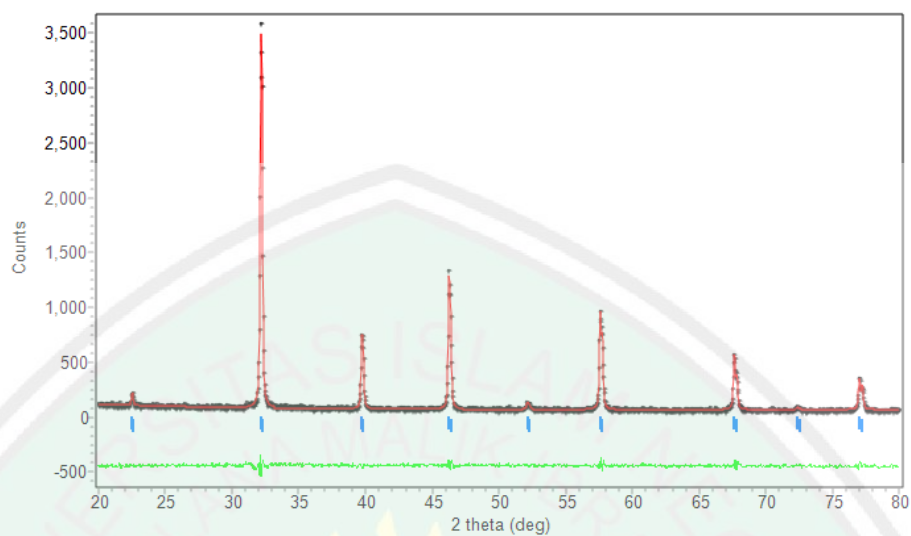
Gambar L.3.1.5 Difraktogram XRD  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,8$

Tabel L.3.1.5 Daftar Puncak Senyawa  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,8$

Pos. [ $^{\circ}2Th.$ ]	Height [cts]	FWHM Left [ $^{\circ}2Th.$ ]	d-spacing [ $\text{\AA}$ ]	Rel. Int. [%]
22.3484	252.98	0.1506	3.97816	15.65
31.8372	1616.93	0.2007	2.81085	100.00
37.6774	76.76	0.0836	2.38750	4.75
39.2213	446.98	0.1506	2.29701	27.64
43.9443	288.82	0.1020	2.05876	17.86
44.0644	152.48	0.0612	2.05854	9.43
45.7068	455.48	0.1632	1.98339	28.17
51.3338	105.58	0.1632	1.77841	6.53
56.6046	536.02	0.0612	1.62468	33.15
56.7149	540.92	0.0816	1.62178	33.45
64.5864	16.05	0.1428	1.44183	0.99
66.5434	205.88	0.5712	1.40409	12.73
70.9974	52.51	0.4080	1.32654	3.25
75.6171	163.61	0.2448	1.25655	10.12
77.5023	5.15	0.9792	1.23063	0.32

### L.3.2 Penentuan Parameter Kisi dengan Metode Le Bail Program Rietica

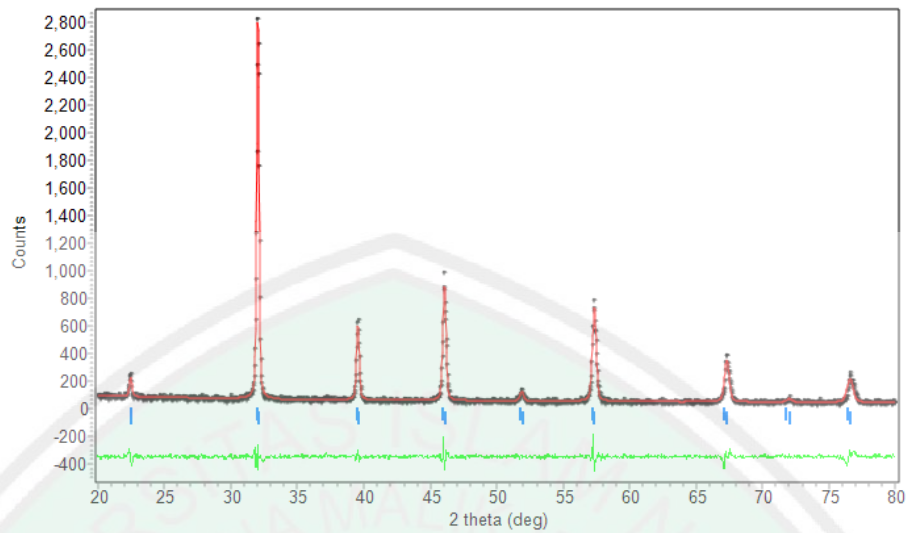
#### L.3.2.1 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0$



Gambar L.3.2.1 Plot hasil *refinement* senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0$

CELL PARAMETERS	=	3.903935	0.000035	0.000103		
		3.903935	0.000035	0.000103		
		3.903935	0.000035	0.000103		
		90.000008	0.000008	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
RECIPROCAL CELL	=	0.256	0.256	0.256	90.000	90.000 90.000
CELL VOLUME	=	59.498722	0.002714			
$R_p$	=	8,25				
$R_{wp}$	=	4,99				
$GoF$	=	0,1044E+00				

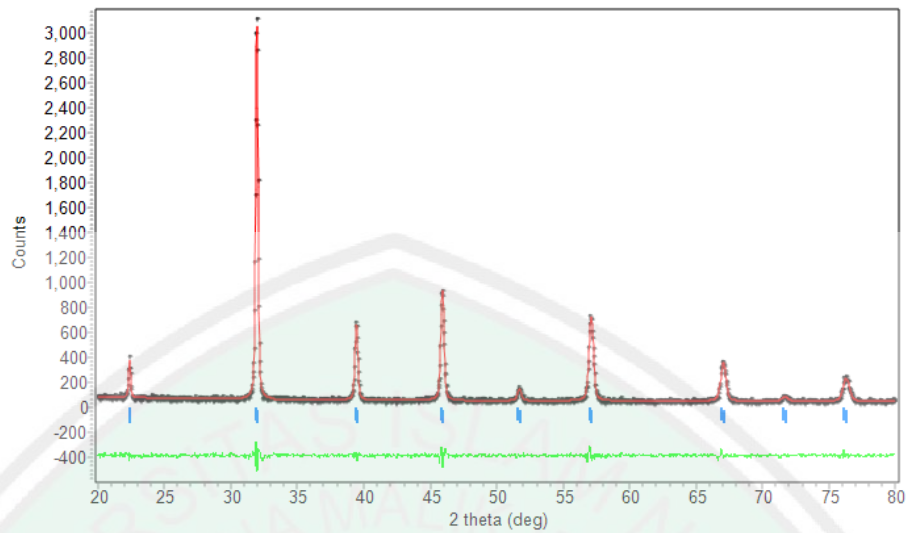
### L.3.2.2 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0,2$



Gambar L.3.2.2 Plot hasil *refinement* senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,2$

CELL PARAMETERS	=	3.938300	-0.000000	0.000000		
		3.938300	-0.000000	0.000000		
		3.938300	-0.000000	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
RECIPROCAL CELL	=	0.254	0.254	0.254	90.000	90.000
CELL VOLUME	=	61.083832	0.000000			
$R_p$	=	9,82				
$R_{wp}$	=	6,89				
$GoF$	=	0,1369E+00				

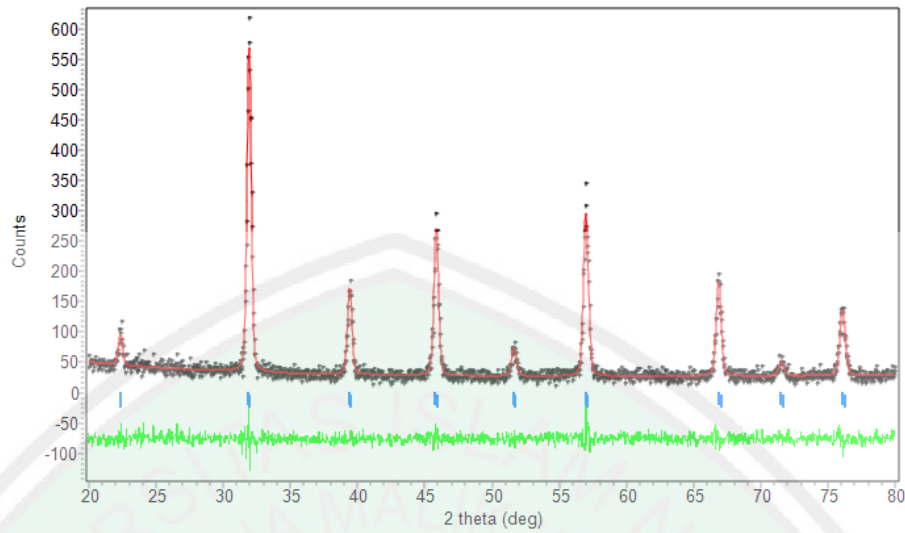
### L.3.2.3 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0,4$



Gambar L.3.2.3 Plot hasil *refinement* senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,4$

CELL PARAMETERS	=	3.947200	-0.000000	0.000000		
		3.947200	-0.000000	0.000000		
		3.947200	-0.000000	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
RECIPROCAL CELL	=	0.253	0.253	0.253	90.000	90.000 90.000
CELL VOLUME	=	61.498898	0.000000			
$R_p$	=	9,22				
$R_{wp}$	=	5,81				
$GoF$	=	0,1158E+00				

### L.3.2.4 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0,6$

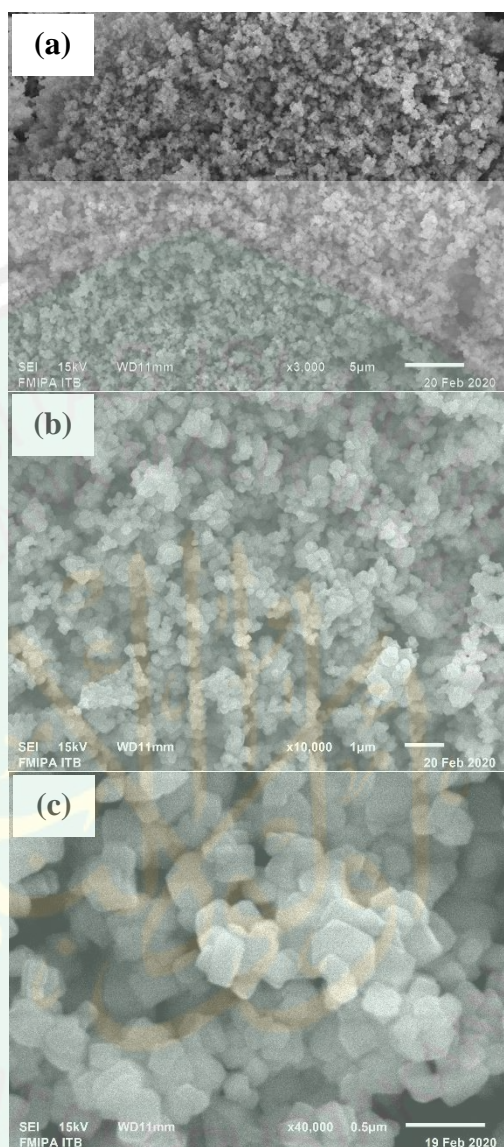


Gambar L.3.2.4 Plot hasil *refinement* senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,6$

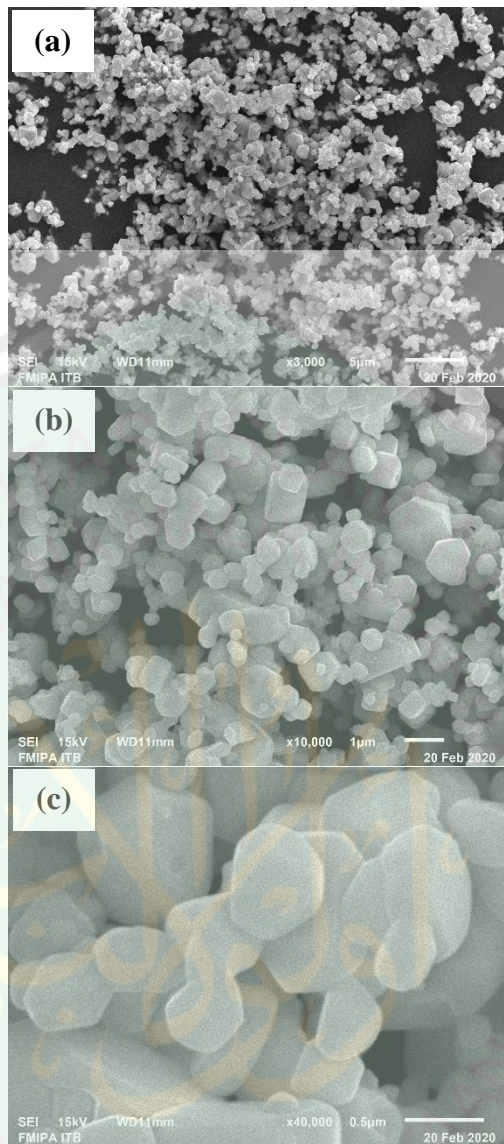
CELL PARAMETERS	=	3.941477	-0.005623	0.000000		
		3.941477	-0.005623	0.000000		
		3.941477	-0.005623	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
		90.000008	0.000008	0.000000		
RECIPROCAL CELL	=	0.254	0.254	0.254	90.000	90.000
CELL VOLUME	=	61.231796	0.000000			
$R_p$	=	11,99				
$R_{wp}$	=	10,20				
$GoF$	=	0,3327E+00				

## Lampiran 4. Hasil Karakterisasi menggunakan SEM

### L.4.1 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0$

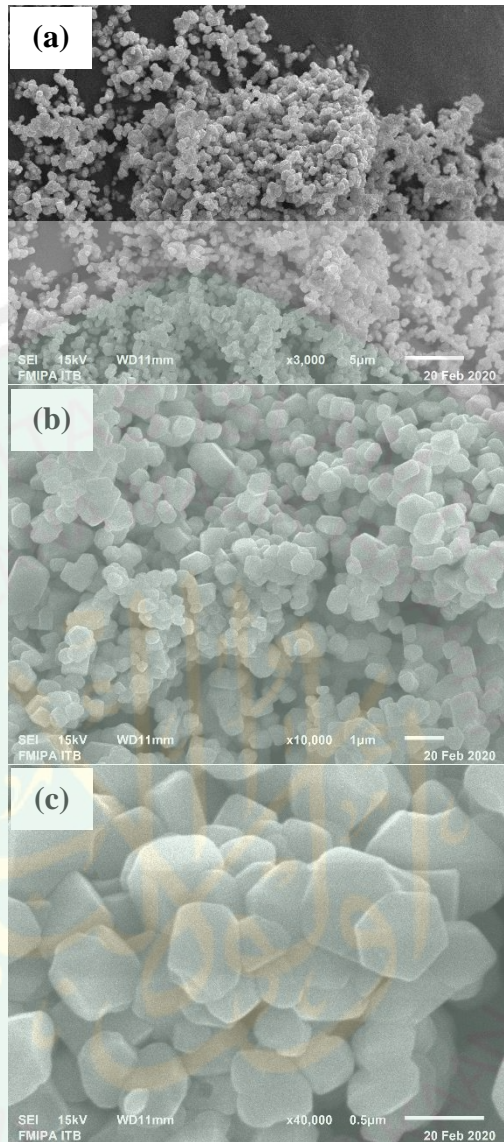


Gambar. L.4.1 Morfologi  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0$  pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x

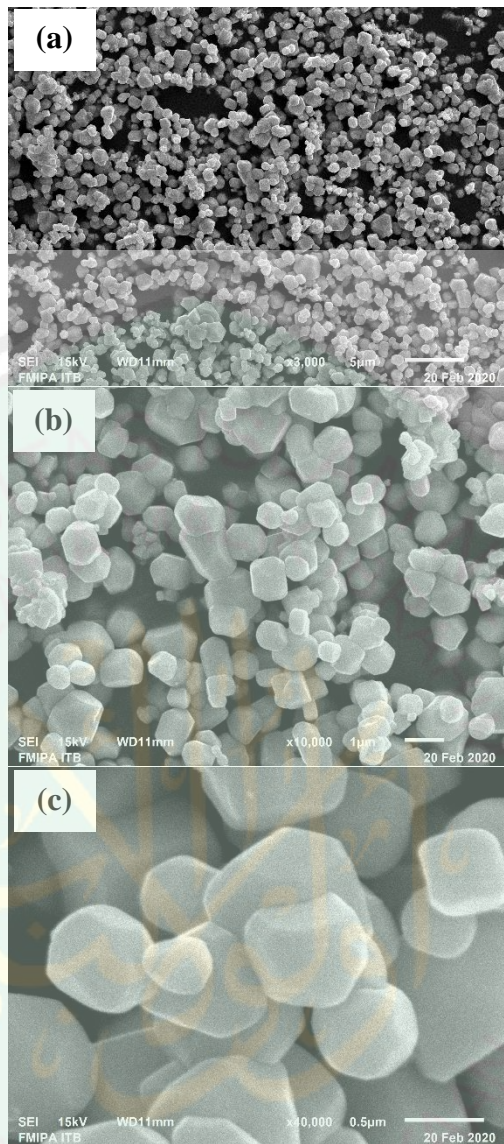
**L.4.2  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,2$** 

Gambar L.4.2 Morfologi  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,2$  pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x

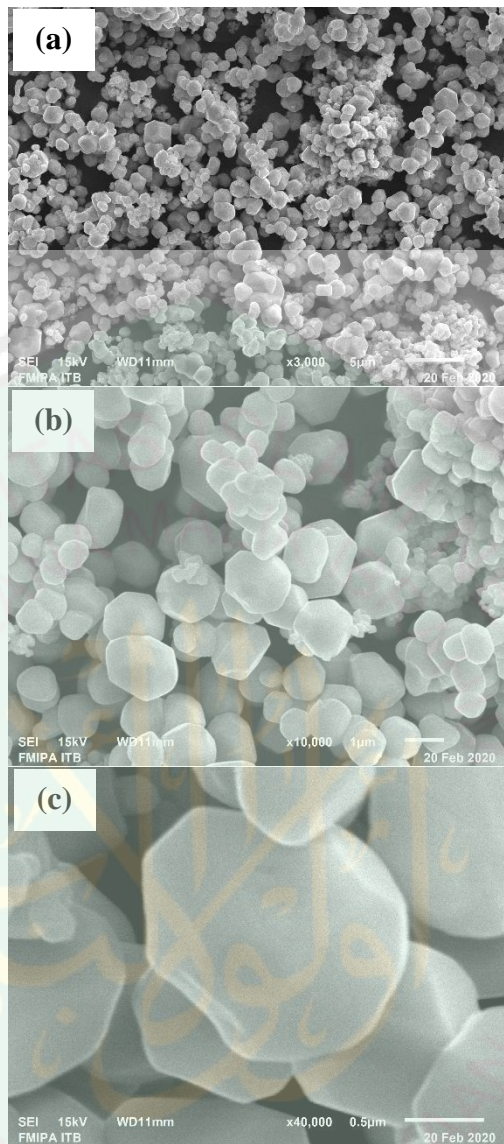
### L.4.3 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0,4$



Gambar L.4.3 Morfologi  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,4$  pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x

**L.4.4  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,6$** 

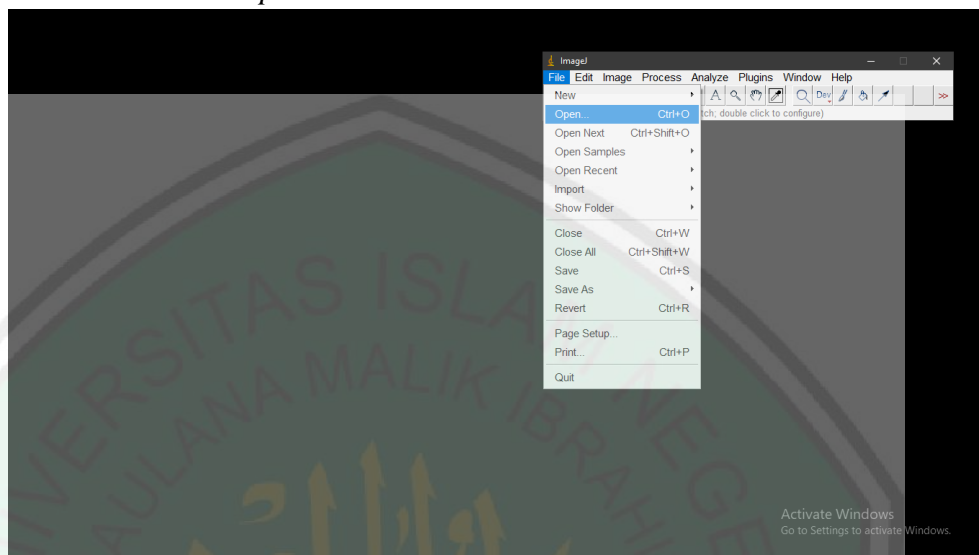
Gambar L.4.4 Morfologi  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,6$  pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x

**L.4.5  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,8$** 

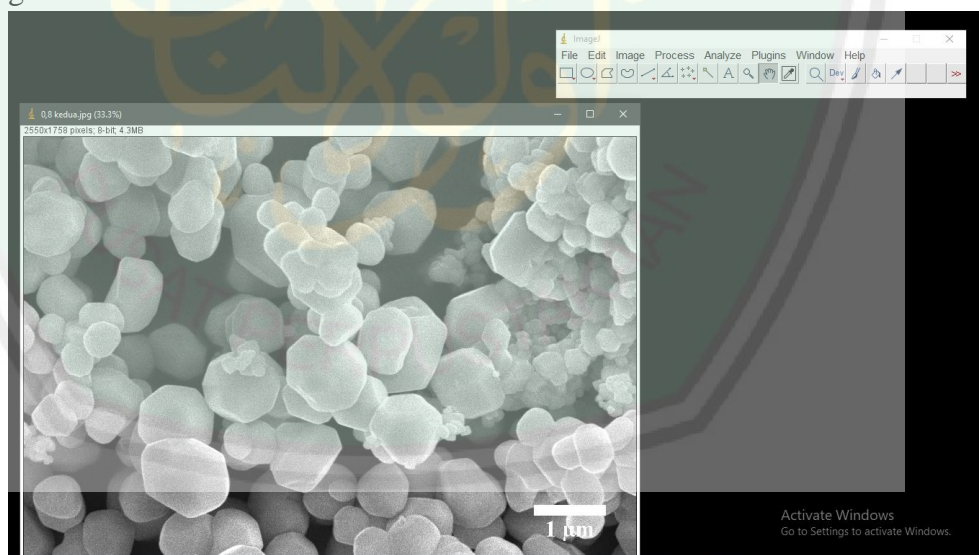
Gambar L.4.5 Morfologi  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,8$  pada perbesaran (a) 3.000x, (b) 10.000x, dan (c) 40.000x

## Lampiran 5. Tahapan Analisis Ukuran Partikel menggunakan Perangkat Lunak ImageJ

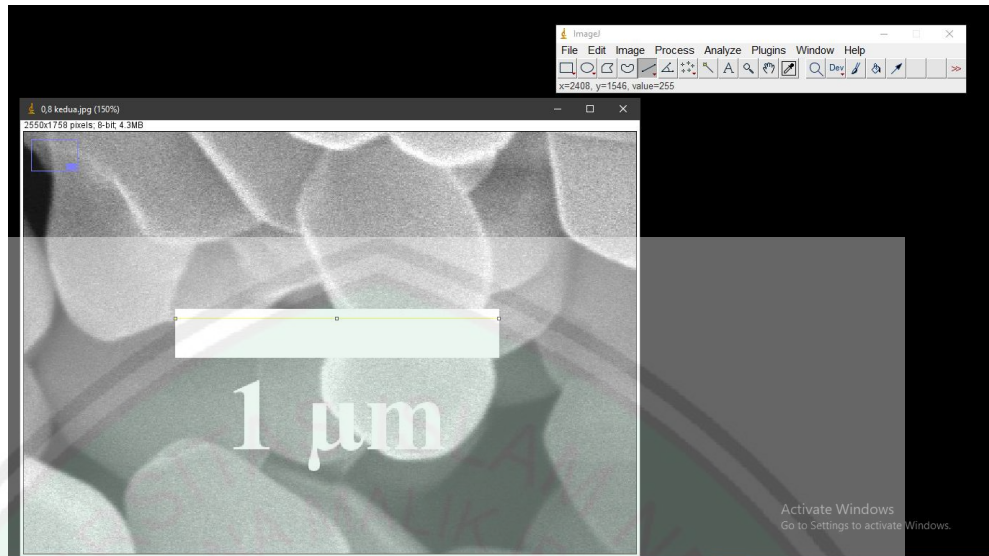
1. Buka aplikasi ImageJ kemudian pilih gambar yang akan dianalisis dengan memilih File → *Open*.



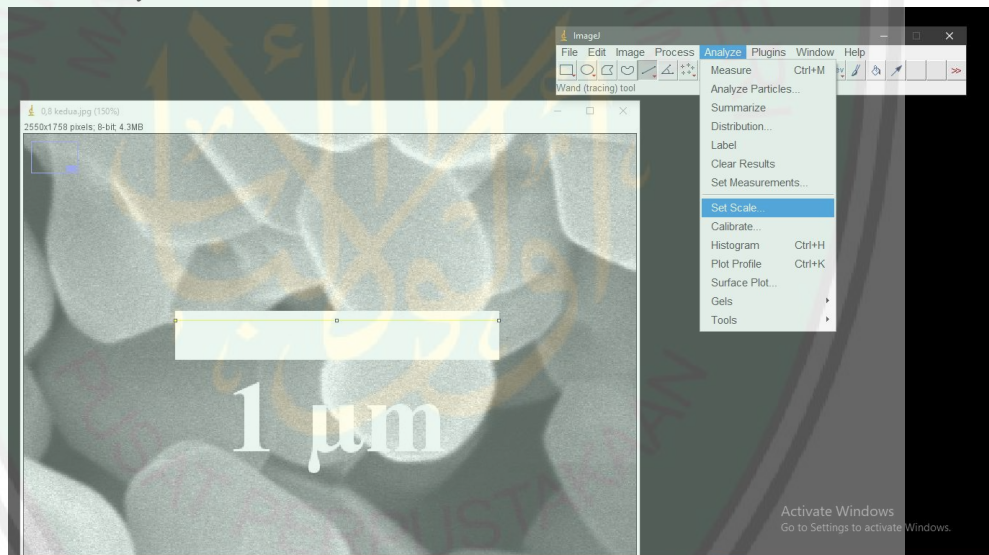
2. Tampilan akan berubah menjadi dua bagian yakni jendela aktif *toolbar* dan gambar SEM.



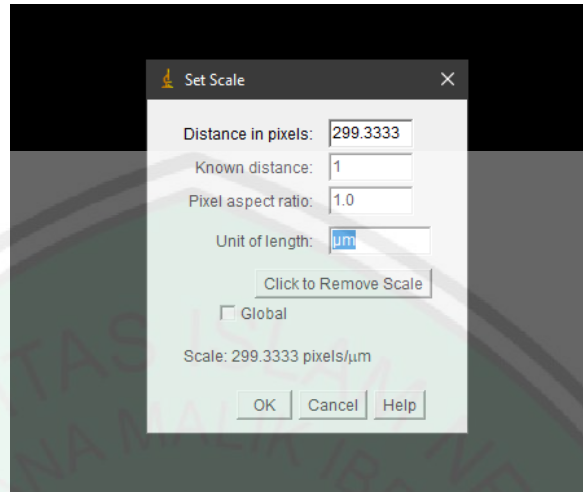
3. Kalibrasi skala pada gambar dengan menggambar garis lurus sepanjang *scale bar* dengan memilih *icon straight* pada tool bar.



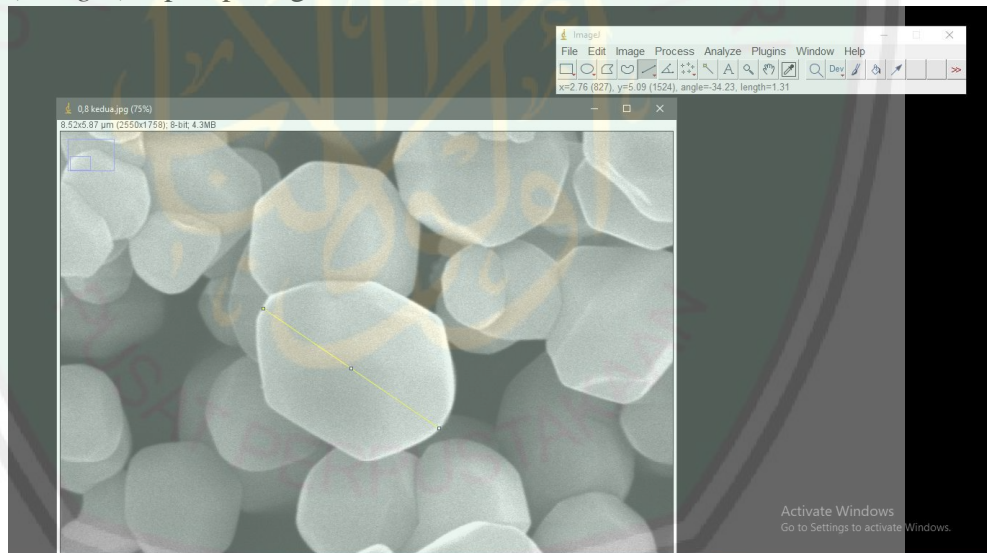
4. Pilih *Analyze* → *Set Scale*.



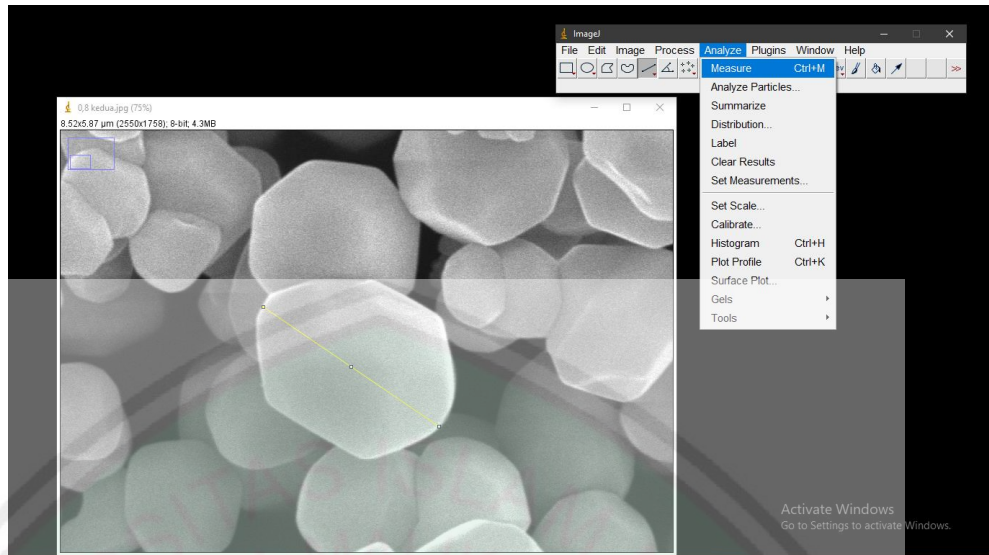
5. Atur dan sesuaikan dengan informasi yang tertera pada *scale bar*. *Known distance* untuk skala yang tertera pada gambar SEM (misal 0.5) dan *Unit of Length* untuk satuan unit yang digunakan dalam gambar SEM (dalam gambar menunjukkan satuan unit mikrometer atau  $\mu\text{m}$ ). Kemudian klik OK



6. Pilih kemudian perbesar partikel yang akan diukur. Buat garis lurus (*straight*) seperti pada gambar berikut:



7. Klik *Analyze* → *Measure* (Ctrl+M).



8. Jendela *Result* akan muncul dan diperoleh panjang partikel yang diinginkan.

	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
1	0.004	174.360	136.962	234.419	-34.254	1.315

## Lampiran 6. Hasil Karakterisasi menggunakan EDS

### L.6.1 $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0$

Tabel L.6.1 Persentase unsur yang terkandung dalam  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0$ :

Element	% massa	% atom
C	4,76	12,84
O	26,46	53,57
Ti	26,60	17,99
Sr	42,19	15,60
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

### L.6.2 $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,2$

Tabel L.6.2 Persentase unsur yang terkandung dalam  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,2$ :

Element	% massa	% atom
C	7,30	21,56
O	20,39	45,18
Ti	20,93	15,49
Sr	30,69	12,42
Ba	20,69	5,34
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

### L.6.3 $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,4$

Tabel L.6.3 Persentase unsur yang terkandung dalam  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,4$ :

Element	% massa	% atom
C	5,81	17,88
O	22,51	51,96
Ti	15,13	11,66
Sr	21,57	9,09
Ba	34,98	9,41
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

### L.6.4 $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$ untuk $x=0,6$

Tabel L.6.4 Persentase unsur yang terkandung dalam  $Ba_xSr_{(1-x)}TiO_3$  untuk  $x=0,6$ :

Element	% massa	% atom
C	14,24	38,97
O	18,63	38,27
Ti	11,32	7,77
Sr	12,03	4,51
Ba	43,79	10,48
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

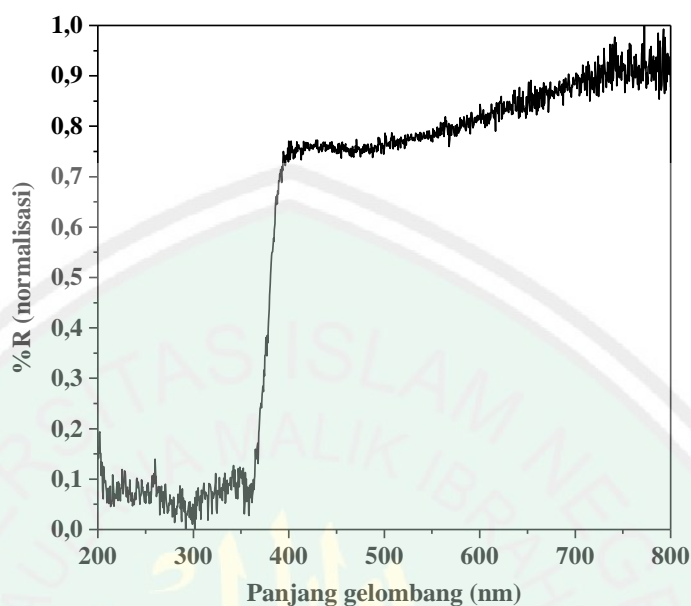
**L.6.5 Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub> untuk x= 0,8**Tabel L.6.5 Persentase unsur yang terkandung dalam Ba<sub>x</sub>Sr<sub>(1-x)</sub>TiO<sub>3</sub> untuk x= 0,8:

Element	% massa	% atom
C	4,50	17,74
O	15,64	46,25
Ti	11,37	11,23
Sr	6,14	3,31
Ba	62,35	21,47
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>



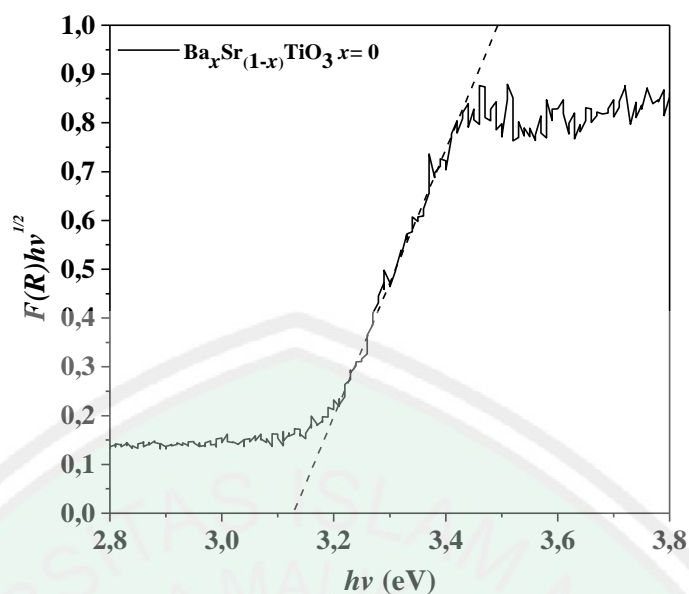
## Lampiran 7. Contoh Perhitungan Nilai Energi Celah Pita

### L.7.1 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0$



Gambar L.7.1.1 Spektra DRS hubungan % reflektansi dengan panjang gelombang senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$   $x=0$ .

Dari pengukuran dengan UV-Vis DRS diperoleh grafik hubungan antara %reflektansi dengan panjang gelombang yang ditampilkan pada Gambar L.7.1.1. Selanjutnya data tersebut dianalisis dengan menggunakan Persamaan Kubelka-Munk (Persamaan 3.1) dan diolah menjadi grafik hubungan  $F(R).h\nu^{1/2}$  dengan energi celah pita ( $h\nu$ ) yang ditampilkan pada Gambar L.7.1.2 Energi celah pita dihitung dengan menarik garis lurus pada bagian kurva yang menurun sampai pada nilai  $y=0$  dan nilai  $x$  pada  $y=0$  adalah energi celah pita yang diperoleh untuk senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  (pada  $y=0$  maka nilai  $x$  adalah 3,128 eV (nilai energi celah pita)



Gambar L.7.1.2 Spektra DRS hubungan antara  $F(R)hv^{1/2}$  dengan energi celah pita ( $hv$ ) senyawa  $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$  untuk  $x=0$ .

Data energi celah pita dapat dikonversi menjadi nilai panjang gelombang dengan menggunakan hukum Planck ( $E= hc/ \lambda$ ) seperti di bawah ini

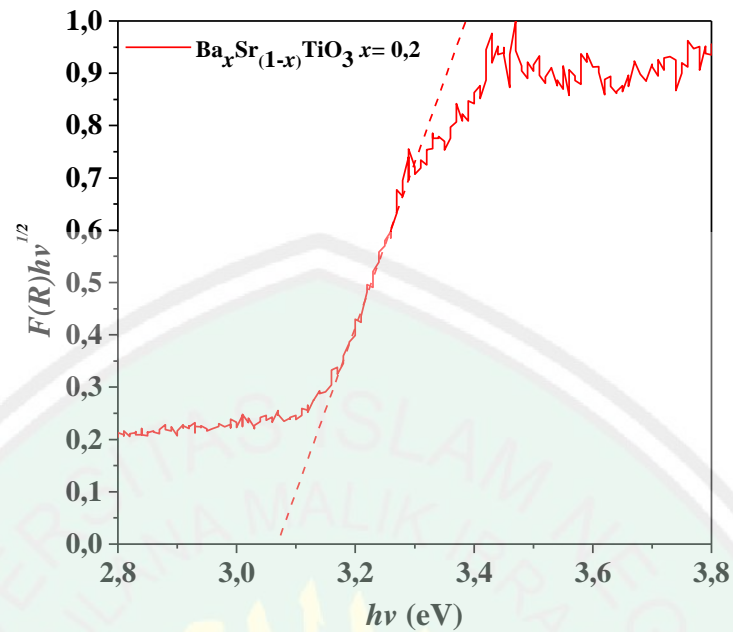
$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ js}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ j}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

Panjang gelombang pada  $E_g= 3,128 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{h.c}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \times 3 \times 10^{17}}{3,128 \text{ eV}} = 396,68 \text{ nm}$$

Langkah yang sama digunakan untuk menghitung energi celah pita sampel yang lain. Perhitungan singkat sampel yang lain ditampilkan pada L.7.2-L.7.5.

### L.7.2 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0,2$



Gambar L.7.2 Spektra DRS hubungan antara  $F(R)hv^{1/2}$  dengan energi celah pita ( $h\nu$ ) senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,2$ .

Diketahui:

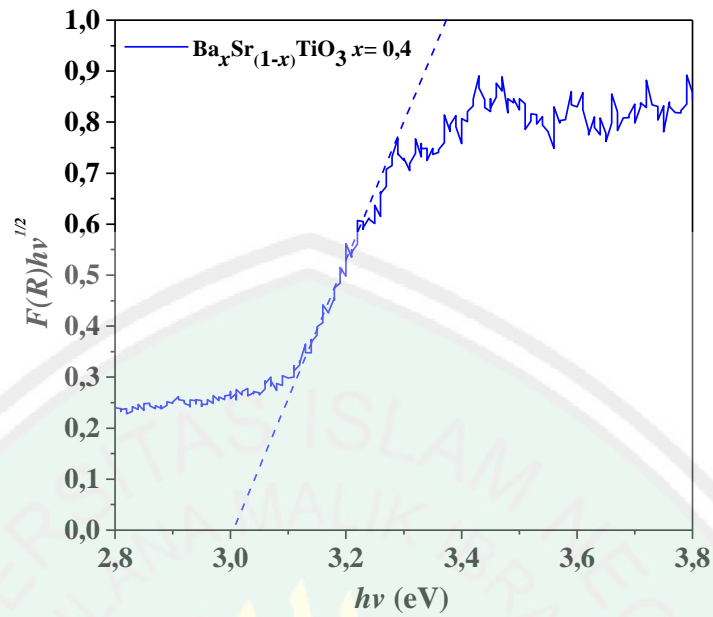
Nilai energi celah pita adalah 3,068 eV

$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ js}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ j}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

Panjang gelombang pada  $E_g = 3,068 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{h.c}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \times 3 \times 10^{17}}{3,068 \text{ eV}} = 404,44 \text{ nm}$$

### L.7.3 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0,4$



Gambar L.7.3 Spektra DRS hubungan antara  $F(R)hv^{1/2}$  dengan energi celah pita ( $h\nu$ ) senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,4$ .

Diketahui:

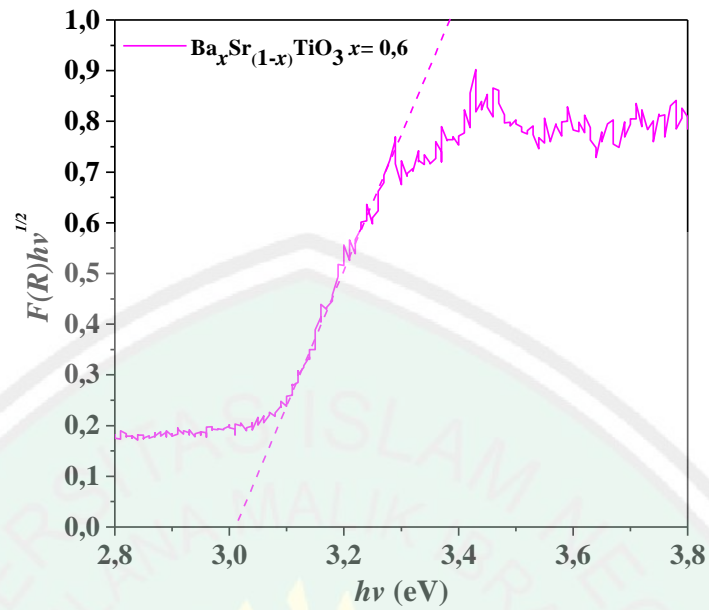
Nilai energi celah pita adalah 3,003 eV

$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ js}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ j}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

Panjang gelombang pada  $E_g = 3,003 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{h.c}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \times 3 \times 10^{17}}{3,003 \text{ eV}} = 413,19 \text{ nm}$$

### L.7.4 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0,6$



Gambar L.7.4 Spektra DRS hubungan antara  $F(R)hv^{1/2}$  dengan energi celah pita ( $h\nu$ ) senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,6$ .

Diketahui:

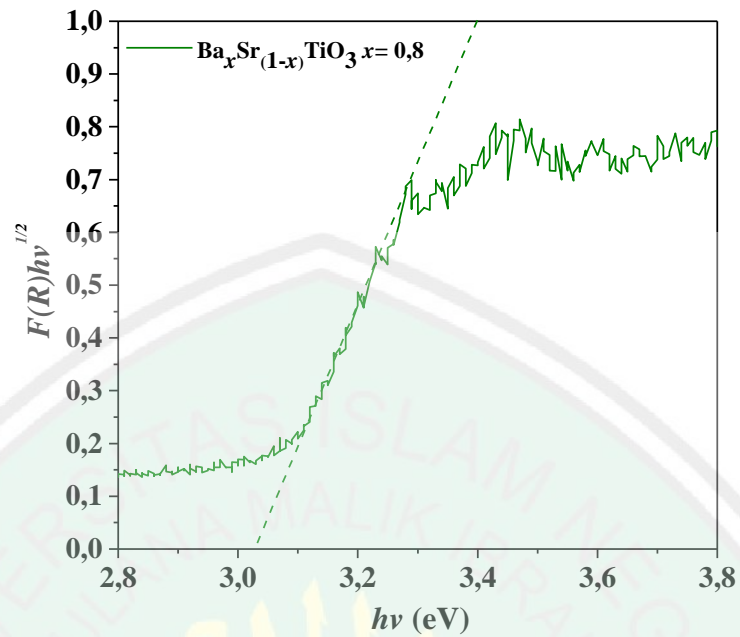
Nilai energi celah pita adalah 3,010 eV

$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ js}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ j}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

Panjang gelombang pada  $E_g = 3,010 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{h.c}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \times 3 \times 10^{17}}{3,010 \text{ eV}} = 412,23 \text{ nm}$$

### L.7.5 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{(1-x)}\text{TiO}_3$ untuk $x=0,8$



Gambar L.7.5 Spektra DRS hubungan antara  $F(R)hv^{1/2}$  dengan energi celah pita ( $h\nu$ ) senyawa  $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$  untuk  $x=0,8$ .

Diketahui:

Nilai energi celah pita adalah 3,028 eV

$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ js}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ j}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

Panjang gelombang pada  $E_g = 3,028 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{h.c}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \times 3 \times 10^{17}}{3,028 \text{ eV}} = 409,78 \text{ nm}$$