

**SINTESIS SENYAWA $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) DENGAN METODE
LELEHAN GARAM TUNGGAL NaCl**

SKRIPSI

**Oleh:
USMAN ALI ROUF
NIM. 16630015**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**SINTESIS SENYAWA $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Sr, Ca, Ba$) DENGAN METODE
LELEHAN GARAM TUNGGAL NaCl**

SKRIPSI

**Oleh:
USMAN ALI ROUF
NIM. 16630015**

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

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**SINTESIS SENYAWA $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) DENGAN METODE
LELEHAN GARAM TUNGGAL NaCl**

SKRIPSI

**Oleh:
USMAN ALI ROUF
NIM. 16630015**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Oky Bagas Prasetyo, M.Pd
NITD. 19890113 20180201 1 244**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Hlok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002**

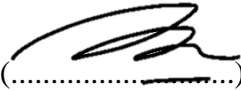
**SINTESIS SENYAWA $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) DENGAN METODE
LELEHAN GARAM TUNGGAL NaCl**

SKRIPSI

**Oleh:
USMAN ALI ROUF
NIM. 16630015**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 26 Juni 2021

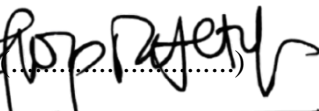
Penguji Utama : Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P
NIP. 19750410 200501 2 009


(.....)

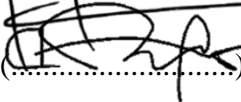
Ketua Penguji : Himmatul Baroroh, M.Si
NIP. 19750730 200312 2 001


(.....)

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


(.....)

Anggota Penguji : Oky Bagas Prasetyo, M.Pd
NIP. 19890113 20180201 1 244


(.....)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi


Elok Kamillah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Usman Ali Rouf

NIM : 16630015

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Sintesis Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) Dengan Metode
Lelehan Garam Tunggal NaCl

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil 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 di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yang membuat pernyataan
Malang, 27 Juni 2021



Usman Ali Rouf
NIM. 16630015

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kupersembahkan kepada-Mu Ya Allah atas karunia ilmu yang telah Engkau berikan. Sholawat dan salam selalu terpanjat kepada kekasih-Mu, Rasulullah Saw. Alhamdulillah, akhirnya bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan ini penulis persembahkan karya tulis ini untuk:

Kedua orangtua penulis, Bapak Syamsuri, terimakasih telah mendukung dan memberikan semangat lebih dalam segala bentuk, dan telah menjadi sosok ayah yang menyenangkan dan Ibu Harifah terimakasih telah memberikan segala nasehat, mendukung, pengertian, dan baik hati. Bapak dan ibu tersayang, aku telah membiarkan bertahun-tahun berlalu tanpa berterima kasih pada kalian, tapi kalian tidak henti-hentinya mencintai saya tanpa syarat.

Bapak dan Ibu dosen kimia dan seluruh jajarannya, khususnya Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si, Ibu Diana Candra Dewi, M.Si, Bapak Oky Bagas Prasetyo, M.Pd, Ibu Akyunul Jannah, S.Si, M.P, dan Ibu Himmatul Baroroh, M.Si yang telah memberikan bimbingan, motivasi, arahan, dan kesabaran selama berproses di jenjang S-1 ini. Semoga kebaikan Bapak dan Ibu Dosen mendapat balasan yang lebih baik dari Allah Swt.

Semua teman mulai dari Angkatan 16, grup penelitian "Aurivillius-16", Asrama Ad-Duha, KKM Gunung Kunci, Himaska "Helium", kakak dan adik tingkat, khususnya Fikri Haikal, Anggi Prabuana Wijaya, Fitri Fatimah, Nuriyatul Inayatil Yaqinah, Laylatul Ma'rufah, dan Annisa Nur Illahi yang telah mendukung, membimbing, memotivasi, dan memberikan warna kehidupan kepada penulis.

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. Penyusunan skripsi yang berjudul “Sintesis Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Dengan Metode Lelehan Garam Tunggal $NaCl$ ” dapat berjalan dengan lancar dikarenakan dukungan dan partisipasi dari berbagai pihak. Dengan ini, penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Syamsuri dan Harifah yang telah memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan moril serta materil sehingga penyusunan proposal 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 Program studi Kimia Ibu Elok Kamilah Hayati, M. Si.
5. Dosen pembimbing Bapak Dr. Anton Prasetyo, M. Si. Karena atas bimbingan, pengarahan, kesabaran, dan motivasinya penyusunan skripsi dapat terselesaikan
6. Dosen pembimbing agama Bapak Oky Bagas Prasetyo, M.Pd yang telah memberi bimbingan, nasehat dan arahan yang baik kepada penulis,
7. Seluruh warga Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, baik dari jajaran dosen, laboran, dan

karyawan yang telah membagikan ilmu, pengetahuan, pengalaman, dan wawasannya kepada penulis.

8. Teman-teman Program Studi Kimia UIN Malang angkatan 2016, semua anggota “Keluarga Abah Anton Prasetyo-16” yaitu Fikri Haikal, Indra Nur Cahyo, Muhammad Lathif Al Abror, Novial Alfiansyah dan Silfi, dan grup penelitian anorganik senior yaitu Hasal Maulidianingtiyas, dan Aldi Dwi Prasetyo.

Semoga segala bantuan Bapak/Ibu serta pihak lain kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dibalas oleh Allah SWT dengan pahala dan ridha-Nya. 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, 27 Juni 2021

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|--------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR PERSAMAAN | xv |
| ABSTRAK | xvi |
| ABSTRACT | xvii |
| مستخلص البحث | xviii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan | 6 |
| 1.4 Batasan Masalah | 6 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 6 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Senyawa Aurivillius $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$)..... | 7 |
| 2.2 Fotokatalis | 9 |
| 2.3 Senyawa Aurivillius $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) Sebagai Material Fotokatalis | 11 |
| 2.4 Pengaruh Kation A Pada Sifat Fotokatalis | 15 |
| 2.5 Pengaruh Morfologi Partikel Terhadap Aktivitas Fotokatalitik..... | 20 |
| 2.6 Metode Lelehan Garam..... | 25 |
| 2.7 Sintesis Senyawa Aurivillius dengan Metode Lelehan Garam | 28 |
| | |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 33 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 33 |
| 3.2.1 Alat..... | 33 |
| 3.2.2 Bahan | 33 |
| 3.3 Rancangan Penelitian | 34 |
| 3.4 Tahapan Penelitian | 34 |
| 3.5 Prosedur Kerja | 35 |
| 3.4.1 Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal | 35 |
| 3.4.2 Sintesis $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) dengan Metode Lelehan Garam | 35 |
| 3.4.3 Karakterisasi Sampel Produk $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$)..... | 36 |
| 3.4.3.1 Karakterisasi $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) menggunakan Instrumen XRD | 36 |

| | |
|---|----|
| 3.4.3.2 Karakterisasi $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) menggunakan Instrumen SEM-EDS | 36 |
| 3.4.3.3 Karakterisasi $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) menggunakan UV-Vis DRS | 36 |
| 3.4.4 Analisis Data..... | 37 |
| 3.4.4.1 Analisis Data XRD..... | 37 |
| 3.4.4.2 Analisis Data SEM-EDS | 37 |
| 3.4.4.3 Analisis Data UV-Vis DRS..... | 37 |
| 3.4.5 Uji Aktivitas Fotokatalis | 38 |
| 3.4.5.1 Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru..... | 38 |
| 3.4.5.2 Pembuatan Kurva Standar Untuk Spektroskopi UV-Vis | 38 |
| 3.4.5.3 Pengujian Kestabilan Larutan Metilen Biru..... | 39 |
| 3.4.5.4 Pengujian Kesetimbangan Adsorpsi-Desorpsi Senyawa ABT ($A = Ca, Sr, Ba$) | 39 |
| 3.4.5.5 Pengujian Aktivitas Fotokatalitik..... | 40 |

BAB IV PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| 4.1 Sintesis Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dengan Metode Lelehan Garam | 41 |
| 4.2 Karakterisasi Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Menggunakan XRD | 43 |
| 4.3 Karakterisasi Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Menggunakan SEM..... | 44 |
| 4.4 Karakterisasi Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Menggunakan EDS | 47 |
| 4.5 Karakterisasi Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Menggunakan UV-Vis DRS | 49 |
| 4.6 Uji Aktivitas Fotokatalitik ABT ($A = Ca, Sr, Ba$) Menggunakan Metilen Biru | 51 |
| 4.6.1 Pembuatan Kurva Standar Metilen Biru | 51 |
| 4.6.2 Uji Kestabilan Larutan Metilen Biru..... | 53 |
| 4.6.3 Uji Adsorpsi-Desorpsi Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Terhadap Metilen Biru..... | 55 |
| 4.6.4 Uji Degradasi Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Terhadap Metilen Biru..... | 57 |

BAB V PENUTUP

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 63 |
| 5.2 Saran..... | 64 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| DAFTAR PUSTAKA | 65 |
| LAMPIRAN | 70 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1. Diagram Alir..... | 70 |
| Lampiran 2. Perhitungan | 76 |
| Lampiran 3. Data XRD $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba)..... | 81 |
| Lampiran 4. Analisisis pengotor menggunakan senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba)..... | 85 |
| Lampiran 5. Hasil karakterisasi menggunakan SEM..... | 88 |
| Lampiran 6. Perhitungan Distribusi Partikel..... | 91 |
| Lampiran 7. Hasil karakterisasi menggunakan EDS..... | 100 |
| Lampiran 8. Perhitungan energi celah pita | 101 |
| Lampiran 9. Perhitungan konsentrasi, % adsorpsi, dan % degradasi material $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) | 105 |
| Lampiran 10 Dokumentasi..... | 109 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Struktur kristal dari ABT: (a) BBT dan (b) ABT (A= Sr, Ca).... | 7 |
| Gambar 2.2 | Difraktogram senyawa Aurivillius ABT..... | 8 |
| Gambar 2.3 | Langkah–langkah dalam proses reaksi fotokatalitik | 11 |
| Gambar 2.4 | Aktivitas fotokatalitik <i>water splitting</i> $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba)..... | 12 |
| Gambar 2.5 | Aktivitas fotokatalitik <i>water splitting</i> SBT terdoping Y^{3+} | 13 |
| Gambar 2.6 | Aktivitas fotokatalitik <i>water splitting</i> SBT terdoping Ce^{4+} | 14 |
| Gambar 2.7 | Spektra UV-Vis DRS dari material $LnTaON_2$ (Ln= La, Pr) | 15 |
| Gambar 2.8 | Aktivitas fotokatalitik material $LnTaON_2$ (Ln= La, Pr)..... | 16 |
| Gambar 2.9 | Spektra UV-Vis DRS dari (a) SBN, (b) BBN | 17 |
| Gambar 2.10 | Aktivitas fotokatalitik dari (a) SBN, (b) BBN | 18 |
| Gambar 2.11 | Perhitungan total <i>density of state</i> (DOS) dari ABT..... | 20 |
| Gambar 2.12 | Morfologi partikel Bi_2WO_6 dengan variasi suhu: (a) prekursor (b) 120 (c) 140 (d) 160 (e) 180 (f) 200 (g) 220 (h) 240°C | 21 |
| Gambar 2.13 | Aktivitas fotokatalitik senyawa Bi_2WO_6 | 23 |
| Gambar 2.14 | Morfologi partikel BTO (a) menggunakan metode reaksi keadaan padatan dan menggunakan metode lelehan garam: (b) BTO-4, (c) BTO-8, (d) BTO-16, (e) BTO-32, (f) BTO-40 (g), BTO-50, (h) BTO-60 | 24 |
| Gambar 2.15 | Aktivitas fotokatalitik senyawa BTO..... | 25 |
| Gambar 2.16 | Ilustrasi skematis dari tahapan proses utama metode lelehan garam..... | 27 |
| Gambar 2.17 | Gambar SEM yang disintesis dengan metode lelehan garam pada suhu (a) 800, (b) 850, (c) 900, (d) 950 °C (Marella, 2017)..... | 28 |
| Gambar 2.18 | Difraktogram ABN disiapkan dengan metode lelehan garam dan reaksi keadaan padat (SSR): (a) CBN, (B) SBN, (c) BBN | 29 |
| Gambar 2.19 | Morfologi partikel (a) CBN (dengan metode reaksi keadaan padatan), (b) CBN (dengan metode lelehan garam), (c) SBN (dengan metode lelehan garam), (d) BBN (dengan metode lelehan garam)..... | 31 |
| Gambar 2.20 | (a) Difraktogram $Bi_6Ti_3Fe_2O_{18}$, (b) Morfologi patikel $Bi_6Ti_3Fe_2O_{18}$ | 32 |
| Gambar 4.1 | (a) Sampel sebelum melalui tahap pemanasan, dan (b) sampel setelah melalui tahap pemanasan..... | 42 |
| Gambar 4.2 | Difraktogram dari material $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba)..... | 43 |
| Gambar 4.3 | Hasil SEM dengan pembesaran 7000x senyawa: (a.) $CaBi_2Ta_2O_9$, (b.) $SrBi_2Ta_2O_9$, (c.) $SrBi_2Ta_2O_9$ | 46 |
| Gambar 4.4 | Hasil EDS senyawa: (a) $CaBi_2Ta_2O_9$, (b) $SrBi_2Ta_2O_9$, (c) $BaBi_2Ta_2O_9$ | 48 |
| Gambar 4.5 | Spektra reflektansi senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba)..... | 49 |
| Gambar 4.6 | Plot Tauc (a) <i>direct-gap</i> senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr), dan (b) <i>indirect-gap</i> senyawa $BaBi_2Ta_2O_9$ | 50 |
| Gambar 4.7 | Spektra absorbansi UV-Vis pada larutan standar Metilen biru..... | 52 |

| | | |
|---------------|--|-----|
| Gambar 4.8 | Hasil pembuatan kurva standar | 52 |
| Gambar 4.9 | Spektra absorbansi Uv-Vis uji kestabilan pada (a.) tempat gelap, dan (b) Terpapar sinar UV | 54 |
| Gambar 4.10 | Spektra absorbansi uji adsorpsi-desorpsi untuk sampel (a.) CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ , (b.) SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ , dan (c.) BaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 56 |
| Gambar 4.11 | Persen degradasi senyawa ABi ₂ Ta ₂ O ₉ (A= Ca, Sr, Ba) terhadap metilen biru..... | 57 |
| Gambar 4.12 | Spektra absorbansi uji degradasi untuk sampel (a.) CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ , (b.) SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ , dan (c.) BaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 58 |
| Gambar L.4.1 | Difragtogram CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 85 |
| Gambar L.4.2 | Difragtogram SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 86 |
| Gambar L.4.3 | Difragtogram BaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 87 |
| Gambar L.5.1 | Morfologi CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ pada pembesaran, (a) 3000x, (b) 7000x, dan (c) 15000x..... | 88 |
| Gambar L.5.2 | Morfologi SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ pada pembesaran, (a) 3000x, (b) 7000x, dan (c) 15000x..... | 89 |
| Gambar L.5.3 | Morfologi BaBi ₂ Ta ₂ O ₉ pada pembesaran, (a) 3000x, (b) 7000x, dan (c) 15000x..... | 90 |
| Gambar L.6.1 | Perhitungan panjang partikel CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 91 |
| Gambar L.6.2 | Perhitungan lebar partikel CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 92 |
| Gambar L.6.3 | Perhitungan tebal partikel CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 93 |
| Gambar L.6.4 | Perhitungan panjang partikel SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 94 |
| Gambar L.6.5 | Perhitungan lebar partikel SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 95 |
| Gambar L.6.6 | Perhitungan tebal partikel SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 96 |
| Gambar L.6.7 | Perhitungan panjang partikel BaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 97 |
| Gambar L.6.8 | Perhitungan lebar partikel BaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 98 |
| Gambar L.6.9 | Perhitungan tebal partikel BaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 99 |
| Gambar L.8.1 | Spektra DRS hubungan % reflektansi dengan panjang gelombang senyawa CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 101 |
| Gambar L.8.2 | Spektra DRS energi celah pita CaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 102 |
| Gambar L.8.3 | Spektra DRS energi celah pita SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 103 |
| Gambar L.8.4 | Spektra DRS energi celah pita BaBi ₂ Ta ₂ O ₉ | 104 |
| Gambar L.10.1 | Proses Penggerusan sampel | 109 |
| Gambar L.10.2 | Sampel setelah dikalsinasi | 109 |
| Gambar L.10.3 | Proses penyaringan sampel | 109 |
| Gambar L.10.4 | Proses pengeringan sampel setelah di saring..... | 110 |
| Gambar L.10.5 | Hasil senyawa ABi ₂ Ta ₂ O ₉ (A= Ca, Sr, Ba) | 110 |
| Gambar L.10.6 | Uji aktivitas fotokatalitik di dalam fotoreaktor..... | 111 |
| Gambar L.10.7 | Uji aktivitas fotokatalitik di dalam fotoreaktor dengan lampu UV | 111 |
| Gambar L.10.8 | Pengecekan pH setelah Uji aktivitas fotokatalitik | 112 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Jumlah dan laju pembentukan H_2/O_2 untuk 0,2 g SBT terdoping Y^{3+} | 12 |
| Tabel 2.2 | Jumlah dan laju pembentukan H_2/O_2 untuk 0,2 g SBT terdoping Ce^{4+} | 14 |
| Tabel 2.3 | Luas permukaan BET dan energi celah pita sampel $ABi_2Nb_2O_9$ (A= Sr, Ba) disintesis dengan metode kompleks sitrat dan reaksi keadaan padat | 19 |
| Tabel 2.4 | Ukuran, luas Permukaan BET, dan persentase adsorpsi dari Sampel dengan variasi suhu | 22 |
| Tabel 2.5 | Luas Permukaan BET sampel BTO | 25 |
| Tabel 3.1 | Massa tiap reaktan hasil perhitungan | 35 |
| Tabel 4.1 | Ukuran partikel $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) | 45 |
| Tabel 4.2 | Rata-rata ukuran partikel $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) | 46 |
| Tabel 4.3 | Persentase unsur-unsur penyusun senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) hasil EDS | 47 |
| Tabel 4.4 | Nilai energi celah pita dan panjang gelombang senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) | 49 |
| Tabel 4.5 | Hasil uji kestabilan larutan metilen biru | 53 |
| Tabel 4.6 | Hasil uji adsorpsi-desorpsi $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) | 55 |
| Tabel L.6.1 | Hasil perhitungan Panjang partikel $CaBi_2Ta_2O_9$ | 91 |
| Tabel L.6.2 | Hasil perhitungan Tebal partikel $CaBi_2Ta_2O_9$ | 92 |
| Tabel L.6.3 | Hasil perhitungan tebal partikel $CaBi_2Ta_2O_9$ | 93 |
| Tabel L.6.4 | Hasil perhitungan panjang partikel $SrBi_2Ta_2O_9$ | 94 |
| Tabel L.6.5 | Hasil perhitungan lebar partikel $SrBi_2Ta_2O_9$ | 95 |
| Tabel L.6.6 | Hasil perhitungan tebal partikel $SrBi_2Ta_2O_9$ | 96 |
| Tabel L.6.7 | Hasil perhitungan panjang partikel $BaBi_2Ta_2O_9$ | 97 |
| Tabel L.6.8 | Hasil perhitungan lebar partikel $BaBi_2Ta_2O_9$ | 98 |
| Tabel L.6.9 | Hasil perhitungan tebal partikel $BaBi_2Ta_2O_9$ | 99 |

DAFTAR PERSAMAAN

| | |
|--|----|
| Persamaan 3.1 Kubelka-Munk | 37 |
| Persamaan 4.1 Persamaan Reaksi CBT | 42 |
| Persamaan 4.1 Persamaan Reaksi SBT | 42 |
| Persamaan 4.1 Persamaan Reaksi BBT | 42 |

ABSTRAK

Rouf, U. A. 2021. **Sintesis Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) Dengan Metode Lelehan Garam Tunggal NaCl.** Pembimbing I: Dr. Anton Prasetyo, M. Si. Pembimbing II: Oky Bagus Prasetyo, M.Si.

Kata kunci: $ABi_2Ta_2O_9$, aktivitas fotokatalitik, Energi Celah Pita, Ion *A-site*, Metode Lelehan Garam.

Senyawa Aurivillius mempunyai peluang digunakan sebagai material fotokatalis sehingga dapat digunakan untuk mendegradasi limbah zat warna. Pada penelitian ini telah disintesis senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl, dan dilakukan uji aktivitas fotokatalitiknya dalam mendegradasi metilen biru. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan, (a) instrumen (XRD) untuk menganalisa fasa yang terbentuk, (b) instrumen SEM-EDS untuk menganalisa morfologi, kandungan unsur senyawa, dan ukuran partikel, dan (c) UV-Vis DRS untuk menentukan energi celah pita. Difraktogram senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) menunjukkan bahwa senyawa berhasil disintesis, namun masih ditemukan pengotor pada sampel (a) $CaBi_2Ta_2O_9$ berupa fasa $CaBi_2O_4$ (b) $SrBi_2Ta_2O_9$ berupa fasa $Ta_{0,703}O_{1,65}$; $TaO_{1,6}$; $Sr_{0,19}Bi_{0,8}O_{1,4}$, dan (c) $BaBi_2Ta_2O_9$ berupa fasa Ta_2O_5 ; Bi_4O_7 ; $TaO_{1,6}$. Mikrograph senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) menunjukkan bahwa morfologi partikel berbentuk *plate-like* dengan rentang ukuran partikel adalah 1-5 μm dan masih terbentuk aglomerasi. Perhitungan spectra *diffuse reflectance spectroscopy* menggunakan persamaan Kubelka-Munk menunjukkan bahwa senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) memiliki energi celah pita secara berurutan adalah 3,51; 3,21; 2,44 eV. Hasil uji degradasi larutan metilen biru menunjukkan bahwa material $CaBi_2Ta_2O_9$, $SrBi_2Ta_2O_9$, $BaBi_2Ta_2O_9$ memiliki kemampuan mendegradasi secara berurutan sebesar 14,44; 24,23; 15,99 % selama 80 menit. Material $SrBi_2Ta_2O_9$ memiliki aktivitas fotokatalitik yang paling tinggi karena energi celah pita yang lebih kecil dibandingkan $CaBi_2Ta_2O_9$ dan ukuran partikel relatif lebih kecil dibandingkan $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Ba$).

ABSTRACT

Rouf, U., A. 2021. **$ABi_2Ta_2O_9$ (A= Sr, Ca, & Ba) Synthesize and Characterization Using NaCl Molten Salts Methods**. Supervisor I: Dr. Anton Prasetyo, M. Si. Supervisor II: Oky Bagas Prasetyo, M.Si.

Keywords: $ABi_2Ta_2O_9$, Band-Gap Energy, Ion *A-site*, Molten Salts, Photocatalytic Activity.

Aurivillius compound has the potential to be used as a photocatalyst material to degrade dye waste. In this study, the compound $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) was synthesized using the molten NaCl salt method, and tested photocatalytic activity to degrading methylene blue. The results of synthesis, are characterized by (a) XRD instruments for analyzing the phases formed, (b) SEM-EDS instruments for analyzing morphology, compound element material, and particle size, and (c) UV-Vis-DRS instruments for determining bandgap energy. The diffractogram showed that $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) indicates that the compound has form, but impurities were still found in the sample (a) $CaBi_2Ta_2O_9$ in the form of phase $CaBi_2O_4$, (b) $SrBi_2Ta_2O_9$ in the form of phase $Ta_{0.703}O_{1.65}$; $TaO_{1.6}$; $Sr_{0.19}Bi_{0.8}O_{1.4}$, and (c) $BaBi_2Ta_2O_9$ in the form of Ta_2O_5 phase; Bi_4O_7 ; $TaO_{1.6}$. The micrograph showed that shape of particle $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) is plate-like with a particle size range is 1-5 μm and agglomeration is still formed. The calculation of diffuse reflectance spectroscopy using the Kubelka-Munk equation shows that the compound $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba) has a sequential band gap energy of 3.51, 3.21, 2.44 eV. The degradation test results of methylene blue solution showed that $CaBi_2Ta_2O_9$, $SrBi_2Ta_2O_9$, $BaBi_2Ta_2O_9$ materials has the ability to degrade sequentially by 14.44; 24,23; 15.99 % for 80 minutes. $SrBi_2Ta_2O_9$ material has the highest photocatalytic activity due to the smaller band gap energy compared to $CaBi_2Ta_2O_9$ and relatively smaller particle size than $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Ba).

مستخلص البحث

رؤوف ، و ، أ. تخليق مركبات $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) باستخدام طريقة ذوبان الملح الأحادي كلوريد الصوديوم. المشرف الأول: دكتور أنتون فراسينيو الماجستير ؛ المشرف الثاني: أو كي باكاس فراسينيو الماجستير.

الكلمات المفتاحية: $ABi_2Ta_2O_9$ ، نشاط التحفيز الضوئي ، طاقة فجوة الحزمة ، أيون الموقع ، طريقة تدويب الملح.

يتمتع مركب أوريفيلليوس (Aurivillius) بالفرصة كمادة محفز ضوئي بحيث يمكن استخدامه لتقليل نفايات الصبغة. في هذه الدراسة ، تم تصنيع المركب $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) باستخدام طريقة ذوبان الملح الأحادي كلوريد الصوديوم ، ثم اختبار نشاطه التحفيزي الضوئي في تحلل الميثيلين الأزرق. تم وصف نتائج التوليف باستخدام (أ) أداة حيود الأشعة السينية (XRD) لتحليل المرحلة المشكّلة ، (ب) أداة SEM-EDS لتحليل التشكل و محتوى العنصر المركب و حجم الجسيمات ، و (ج) فوق بنفسجي مرئي (UV-Vis DRS) لتحديد النطاق فجوة الطاقة. أظهر الحيود لمركب $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) أن المركب قد تم تصنيعه بنجاح ، و لكن لا تزال توجد شوائب في العينة (أ) $CaBi_2Ta_2O_9$ في شكل $CaBi_2O_4$ (ب) $SrBi_2Ta_2O_9$ في شكل $TaO_{1.6}$ ؛ $Ta_{0.703}O_{1.65}$ ؛ $Sr_{0.19}Bi_{0.8}O_{1.4}$ ، و (ج) $BaBi_2Ta_2O_9$ في شكل Ta_2O_5 ؛ Bi_4O_7 ؛ $TaO_{1.6}$. أظهرت الصور المجهرية لمركبات $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) أن شكل الجسيمات كان يشبه الصفحة بنطاق حجم جسيم يتراوح من 1 إلى 5 م و لا يزال يتشكل التكتل. أظهر التحليل الطيفي للانعكاس المنتشر أن المركب $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) له طاقات فجوة نطاق تبلغ 2.44 ، 3.21 ، 3.51 فولت ، على التوالي. أظهرت نتائج اختبار التحلل لمحلول الميثيلين الأزرق أن المواد $CaBi_2Ta_2O_9$ و $SrBi_2Ta_2O_9$ و $BaBi_2Ta_2O_9$ لديها القدرة على التحلل بالتتابع بمقدار 14.44 ؛ 24.23 ؛ 15.99% لمدة 80 دقيقة. تحتوي مادة $SrBi_2Ta_2O_9$ على أعلى نشاط تحفيزي ضوئي بسبب طاقة فجوة النطاق المنخفضة مقارنةً ب $CaBi_2Ta_2O_9$ و حجم الجسيمات الأصغر نسبيًا من $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dihimpun dari data Badan Statistik Indonesia (BPS), Jumlah Industri tekstil di Indonesia pada tahun 2014 sejumlah 2.555 perusahaan dan pada tahun 2015 meningkat sebesar 2.612 perusahaan (bps.go.id). Namun, perkembangan industri ini berdampak pada semakin banyak limbah pabrik yang diproduksi, salah satu contohnya adalah limbah zat warna. Pewarna tekstil yang sering digunakan adalah metilen biru yang terdiri dari gugus amina aromatik, yang mengandung karsinogenik dan mutagenik yang tinggi. Beberapa metode yang sering digunakan untuk mendegradasi limbah zat warna diantaranya flokulasi, koagulasi, adsorpsi, bioremediasi, filtrasi membran, elektrolisis, dan fotokatalis.

Manusia sebagai *khalifah* di muka bumi harus bisa mempresentasikan dirinya sesuai dengan sifat-sifat Allah. Salah satu sifat Allah yang berkaitan tentang alam adalah sebagai penjaga dan pemelihara alam. Pencemaran air yang diakibatkan limbah zat warna dapat menyebabkan rusaknya ekosistem air dan merugikan bagi semua makhluk hidup. Manusia dilarang berbuat kerusakan di muka bumi seperti yang telah dijelaskan dalam al-Qur'an surah al-A'raf ayat 56 berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: *"Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik."*

Menurut shihab (2002) Ayat ini melarang berbuat kerusakan di bumi, yang mana berbuat kerusakan merupakan salah bentuk pelampauan batas. Alam raya diciptakan Allah Swt. dalam keadaan yang harmonis, serasi, dan memenuhi kebutuhan makhluk. Allah Swt. telah menjadikannya dalam keadaan baik, serta memerintahkan hamba-hambaya untuk memperbaikinya. Larangan membuat kerusakan ini mencakup semua bidang, seperti merusak pergaulan, jasmani dan rohani orang lain, kehidupan dan sumber-sumber penghidupan (pertanian, perdagangan, dan lain-lain), merusak lingkungan hidup, dan sebagainya. Salah satu bentuk perbaikan yang dilakukan oleh Allah Swt. adalah dengan mengutus para Nabi untuk meluruskan dan memperbaiki kehidupan di masyarakat. Maka merusak setelah diperbaiki jauh lebih buruk daripada sebelum diperbaiki. Karena ayat tersebut secara tegas menggaris bawahi larangan tersebut, walaupun memperparah kerusakan atau merusak sesuatu yang baik juga dilarang. Salah satu cara untuk memperbaiki lingkungan adalah dengan menggunakan material fotokatalis yang dapat diaplikasikan untuk mendegradasi limbah zat warna.

Fotokatalis adalah teknologi yang mampu mempercepat proses reaksi reduksi oksidasi (redoks) pada permukaan material dengan bantuan sinar matahari (Abrams & Vesborg, 2013). Fotokatalis memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya seperti, ramah lingkungan, dapat mendegradasi limbah organik secara kompleks, dapat digunakan secara terus menerus, dan memerlukan biaya

yang murah (Kumar, dkk., 2014). Karakteristik yang dimiliki oleh bahan fotokatalitik adalah nilai bandgap yang bisa digunakan, morfologi yang unik, luas permukaan tinggi, dan stabil (Khan, dkk, 2015). Salah satu contoh bahan fotokatalitik yang sering digunakan adalah oksida logam seperti ZnO_2 , WO_2 , TiO_2 (Senthil & Panigrahi, 2019).

Senyawa Aurivillius memiliki formula umum $(A_{n-1}B_nO_{3n+1})^{2-} (Bi_2O_2)^{2+}$ Di mana $(A_{n-1}B_nO_{3n+1})^{2-}$ merupakan lapisan perovskit dan dipisahkan oleh lapisan (Bi_2O_2) , kation A ditempati oleh kation dengan jari-jari yang besar seperti Sr^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} dan kation B biasanya ditempati kation dengan jari-jari yang lebih kecil seperti Ti^{4+} , Nb^{5+} , W^{6+} , Ta^{2+} , sedangkan n menyatakan jumlah lapis oktahedral. Hampir semua material Aurivillius memiliki sifat feroelektrik sehingga berpotensi digunakan dalam industri elektronik. Selain itu, beberapa sifat menarik lainnya adalah *fotoluminescence*, dan termoelektrik. Beberapa pihak juga telah melaporkan sifat menarik dari senyawa Aurivillius sebagai fotokatalis. Lu, dkk. (2015) melaporkan bahwa material Aurivillius $Bi_4V_2O_{11}$ mempunyai kemampuan yang efektif untuk mendegradasi senyawa metilen biru dengan nilai konstanta kinetik dari reaksi degradasi adalah $k = 0,00143 \text{ menit}^{-1}$ dibawah sinar tampak ($\lambda = 420 \text{ nm}$).

$ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) digolongkan sebagai senyawa Aurivillius lapis dua yang telah menarik banyak perhatian baik dari sudut pandang fundamental maupun terapan. Contoh aplikasi untuk senyawa ini adalah sebagai *dynamic random access memories* (DRAM), *field effect transistors* (FET), sensor, dan fotokatalis (Moure, 2018). Jenis ion *A-site* dilaporkan mempengaruhi aktivitas fotokatalitik pada material berstruktur perovskit dan Aurivillius karena perbedaan

jari-jari (Chen, dkk., 2014). Di mana semakin kecil ukuran jari-jari partikel maka mengakibatkan perluasan celah pita pada bagian *conduction bands* dan bagian *valence bands* (Zhang & Sillanpää, 2020). Li, dkk. (2008) mensintesis senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dengan menggunakan metode reaksi keadaan padatan dan dilaporkan bahwa senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) mempunyai energi celah pita yang berbeda yaitu: (a) $SrBi_2Ta_2O_9$ mempunyai energi celah pita 3,64 eV (b) $CaBi_2Ta_2O_9$ mempunyai energi celah pita 3,67 eV (c) $BaBi_2Ta_2O_9$ mempunyai energi celah pita 3,52 eV. Dari kajian struktur kristalnya dapat diketahui bahwa senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) berbeda dalam panjang jari-jari ionik pada *A-site* di mana ukuran jari-jari dari Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} secara berturut-turut adalah 1,06; 1,21; 1,38 Å dan di laporkan bahwa material dengan struktur ortorombik mempunyai aktivitas fotokatalitik lebih baik.

Morfologi partikel dilaporkan mempengaruhi aktivitas fotokatalitik karena reaksi fotokatalitik terjadi di permukaan partikel (Dong, 2016). Zhang, dkk. (2007) melaporkan bahwa morfologi Bi_2WO_6 berpengaruh terhadap aktivitas fotokatalitik yang mendegradasi RhB di daerah sinar tampak. Bi_2WO_6 dengan bentuk partikel *flower-like* menunjukkan efisiensi fotokatalitik lebih tinggi (84%) dibandingkan dengan bentuk *plate-like* (73%). Salah satu cara untuk mengontrol pertumbuhan morfologi, kristal, dan ukuran partikel adalah dengan menggunakan metode lelehan garam. Metode ini bekerja dengan cara melarutkan prekursor dalam garam yang berfungsi sebagai media difusi dengan cepat sehingga hanya dibutuhkan waktu yang singkat dan suhu yang lebih rendah untuk terbentuknya produk. Wang, dkk. (2017) melaporkan telah berhasil mensintesis senyawa $Sr_{1-x}Ca_xBi_2Ta_2O_9$ yang terdoping Eu^{3+} dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal dan diperoleh

partikel berbentuk *plate-like* dengan ukuran sekitar 100 nm. Wendari, dkk. (2019) melaporkan telah berhasil mensintesis senyawa $\text{Pb}_{1-2x}\text{Bi}_{1,5+2x}\text{La}_{0,5}\text{Nb}_{2-x}\text{Mn}_x\text{O}_9$ dengan menggunakan metode lelehan garam campuran $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$, dan diperoleh partikel berbentuk *plate-like*, sedangkan Li, dkk. (2010) melaporkan telah berhasil mensintesis senyawa $\text{Bi}_3\text{NbTiO}_9$ dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal dan garam campuran dan diperoleh senyawa $\text{Bi}_3\text{NbTiO}_9$ dengan bentuk *quadrate-like* sedangkan dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal diperoleh partikel dengan bentuk *coarse particles*.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis material $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl . Karakterisasi Fasa dilakukan menggunakan teknik difraksi sinar-X (XRD). Karakterisasi ukuran partikel dan morfologi menggunakan instrumen *scanning electron microscopy energy dispersive spectroscopy* (SEM-EDS), dan penentuan energi celah pita menggunakan instrumen UV-Vis *diffuse reflectance spectroscopy* (DRS). Aktivitas fotokatalitik senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) yang diperoleh akan diuji dengan mengukur kemampuan dalam mendegradasi metilen biru.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana struktur kristal, morfologi, ukuran partikel, energi celah pita dan aktivitas fotokatalitik senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur kristal, morfologi, ukuran partikel, energi celah pita dan aktivitas fotokatalitik senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan tujuan masalah tersebut, batasan masalah dari penelitian ini adalah:

- a. Sintesis $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) rasio molar $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$)/NaCl = 1:7.
- b. Suhu sintering yang digunakan adalah 850°C selama 6 jam.

1.5 Manfaat Penelitian

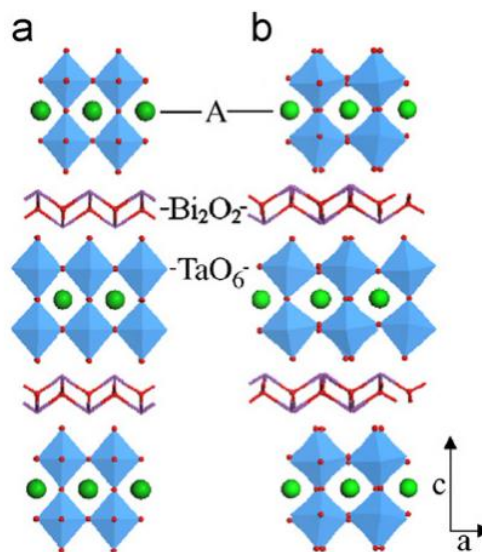
Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah baru mengenai struktur kristal, morfologi, ukuran partikel, energi celah pita dan aktivitas fotokatalitik dari senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Senyawa Aurivillius $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$)

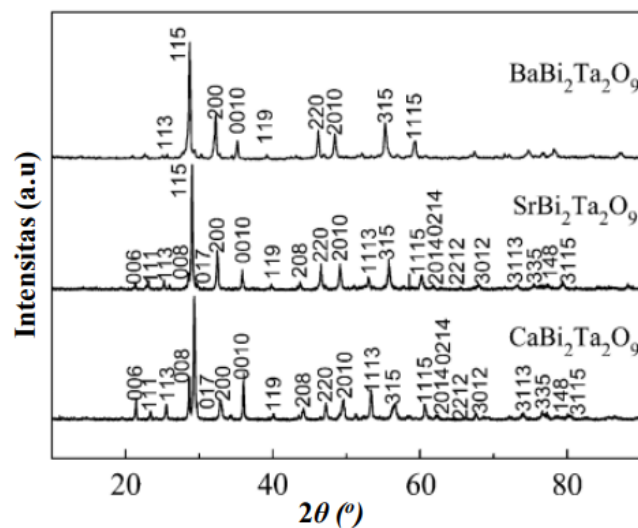
Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) termasuk ke dalam senyawa Aurivillius dengan rumus umum $[A_{n-1}B_nO_{6+1}]$ berlapis $(Bi_2O_2)^{2+}$. Kation Ta^{5+} memiliki 6 bilangan kordinasi yang mengikat ion-ion O^{2-} , ion A dikelilingi oleh empat oktahedral TaO_6 . Oleh karena itu, setiap ion A dikoordinasikan oleh 12 ion O^{2-} . Sedangkan lapisan $(Bi_2O_2)^{2+}$ berada diantara struktur perovskit (Macquart, dkk., 2001). Struktur senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$) di tampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur kristal dari ABT: (a) BBT, dan (b) ABT ($A= Ca, Sr$) (Li, dkk., 2008)

Ion *A-site* berperan penting dalam menentukan transisi fasa pada senyawa Aurivillius. Parameter kisi dan jenis struktur kristal dilaporkan berubah seiring

meningkatnya jari-jari pada ion *A-site* ($\text{Ca} < \text{Sr} < \text{Ba}$). Struktur kristal senyawa ABT ($A = \text{Ca}, \text{Sr}$) berbentuk ortorombik (kelompok ruang $A2_1am$) dengan parameter kisi masing–masing senyawa adalah (a) $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (CBT) adalah $a = 0,5467$ nm, $b = 0,5427$ nm, $c = 2,4931$ nm, (b) $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (SBT) parameter kisinya adalah $a = 0,5473$ nm, $b = 0,5527$ nm, $c = 2,5031$ nm. Sedangkan struktur kristal $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (BBT) berbentuk tetragonal (grup ruang $I4/mmm$) dengan parameter kisi BBT adalah $a = 0,3954$ nm, $c = 2,5487$ nm. Parameter kisi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jari-jari ion *A-site*. Difraktogram senyawa Aurivillius ABT ditampilkan pada Gambar 2.2 (Li, dkk., 2008).



Gambar 2.2 Difraktogram senyawa Aurivillius ABT (Li, dkk., 2008)

ABT telah banyak dipelajari karena memiliki struktur yang beragam, tidak beracun, stabil, metode yang digunakan sederhana dan memiliki sifat optik yang tinggi (Li, dkk., 2008; Macquart, dkk., 2001). ABT memiliki sifat sebagai ferroelektrik, dielektrik, piezoelektrik, *fotoluminescence*, dan fotokatalis. Sehingga ABT sangat luas sekali aplikasinya sebagai *dynamic random access memories*

(DRAM), *field effect transistors* (FET), *light-emitting diode* (LED), sensor, *water splitting*, dan pendegradasi polutan organik (Senthil & Panigrahi, 2019; Macquart, dkk., 2001; Zhong, dkk., 2019).

2.2 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan metode yang sederhana untuk mendegradasi polutan organik dan membentuk produk akhir yang tidak berbahaya hanya dengan menggunakan oksigen yang ada di atmosfer sebagai reaktannya. Fotokatalis banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan di antaranya, ekonomis, tidak beracun, tidak menggunakan energi yang intensif, dan ramah lingkungan. Fotokatalis didasarkan pada reaksi antara polutan dengan zat pereduksi dan pengoksidasi (e^- dan h^+) dengan bantuan sinar UV atau sinar tampak pada permukaan material fotokatalis (Zhu & Zhou, 2019).

Cahaya matahari merupakan sumber sinar UV atau sinar tampak yang dapat dimanfaatkan untuk teknologi fotokatalis. Material fotokatalis menyerap sinar dan memproduksi pasangan elektron-hole (e^- dan h^+) sehingga terjadi reaksi kimia melalui proses reduksi dan oksidasi. Matahari sebagai sumber energi cahaya telah dijelaskan melalui firman Allah Swt. dalam QS. Yunus (10) ayat 5:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

Artinya: “Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan

hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.”

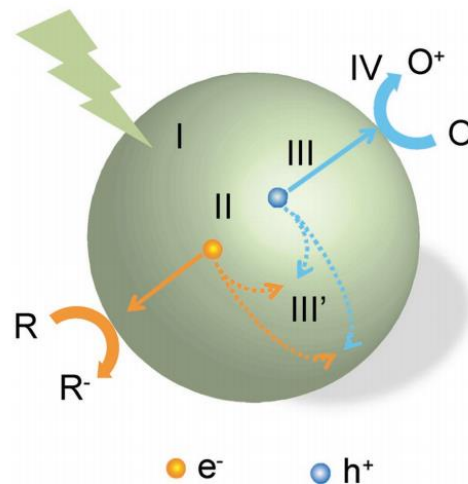
Shihab (2002) menjelaskan bahwa Allah menjadikan matahari sebagai *dhiya'* yang artinya sinar yang tepancar dari matahari yang sangat menyilaukan mata. Matahari dengan sinarnya merupakan sumber kehidupan, sumber panas dan sumber tenaga yang dapat menggerakkan makhluk-makhluk Allah Swt. yang diciptakan-Nya. Di sisi lain, *dhiya'* dapat dipahami dalam arti jamak dapat pula dalam arti tunggal. Ini mengisyaratkan bahwa sinar matahari bermacam-macam walaupun sumbernya hanya satu. Bila dipahaminya sebagai tunggal, maka ia menunjuk kepada sumber sinar dari dirinya sendiri, dan jika dipahami sebagai jamak, maka ia menunjukkan aneka spektrum sinar matahari. Di mana spektrum tersebut terdiri sinar gamma, sinar ultraviolet, sinar-X, sinar nampak (ungu, biru, kuning, hijau, jingga, dan merah), sinar inframerah, *microwave*, dan gelombang radio.

Mekanisme dalam reaksi fotokatalis dapat dijelaskan dengan empat langkah (yang ditunjukkan pada Gambar 2.3) (Zhu & Zhou, 2019):

- (I) Penyerapan cahaya untuk menghasilkan pasangan elektron-*hole*
- (II) Pemisahan muatan tereksitasi
- (III) Transfer elektron-*hole* ke permukaan fotokatalis
- (IV) Pemanfaatan muatan di permukaan untuk reaksi redoks

Energi celah pita merupakan energi yang dibutuhkan elektron untuk melakukan eksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi. Reaksi fotokatalis pada material semikonduktor terjadi ketika radiasi foton dengan energi sama atau melebihi dari celah pita maka akan mengakibatkan elektron tereksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi, meninggalkan *hole* dipita valensi. Elektron tersebut

akan mengalami rekombinasi atau kembalinya elektron dari pita konduksi ke pita valensi (Zhang, dkk., 2018).



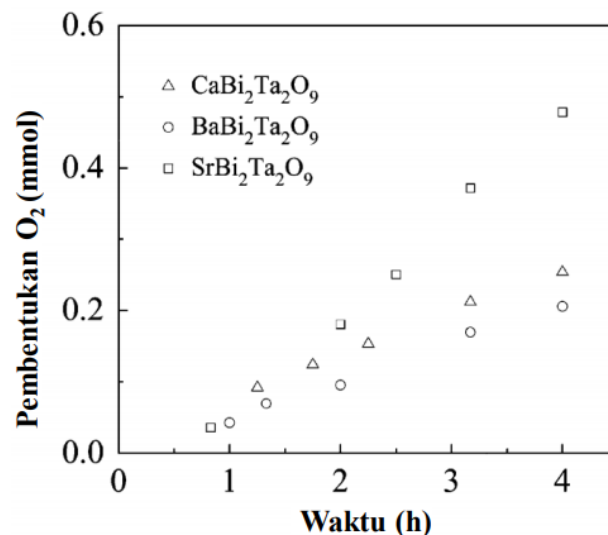
Gambar 2.3 Langkah–langkah dalam proses reaksi fotokatalis (Zhu & Wang, 2017)

Teknologi fotokatalis dapat diterapkan dalam berbagai aspek seperti fotodegradasi polutan organik, *water splitting*, fotoreduksi CO₂, *Lithium-ion batteries* (LIBs), *dye-sensitized solar cells* (DSSCs). Berdasarkan penyerapan foton, energi celah pita dan waktu rekombinasi, senyawa Aurivillius menunjukkan peningkatan kinerja fotokatalitik. Dilaporkan bahwa senyawa Aurivillius cocok untuk fotodegradasi polutan organik, seperti *rhodamine B*, *Phenol*, *methyl orange*, dan *methylene blue* (Lu, dkk., 2015; Moure, 2018).

2.3 Senyawa Aurivillius ABT Sebagai Material Fotokatalis

Senyawa Aurivillius ABT dilaporkan memiliki aktivitas fotokatalitik yang baik dengan energi celah pita sebesar: (a) CBT adalah 3,67 eV (b) SBT adalah 3,64 eV (c) BBT adalah 3,52 eV. Uji fotokatalitik senyawa tersebut dalam proses *water splitting* menunjukkan bahwa senyawa SBT dan CBT dengan struktur kristal

ortorombik memiliki aktivitas fotokatalitik lebih tinggi daripada BBT dengan struktur kristal tetragonal (Li, dkk., 2008). Aktivitas fotokatalitik ditunjukkan pada Gambar 2.4.



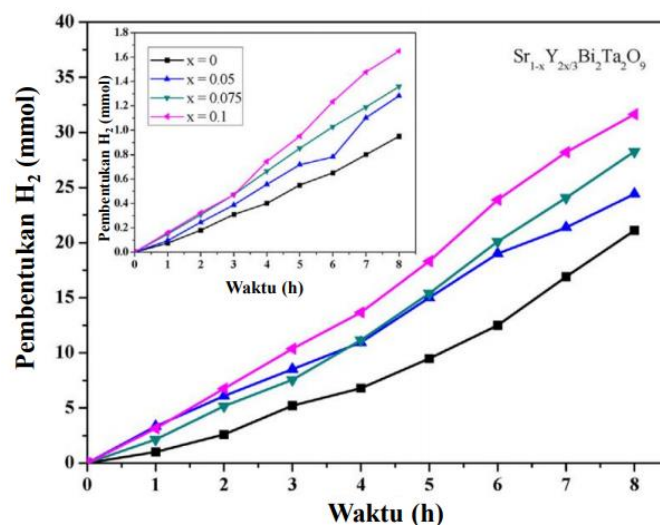
Gambar 2.4. Aktivitas fotokatalitik *water splitting* $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) (Li, dkk., 2008).

Tabel 2.1 Jumlah dan laju pembentukan H_2/O_2 untuk 0,2 gr SBT terdoping Y^{3+}

| Komposisi | Rata-rata pembentukan (mmol/h ⁻¹) | | Jumlah total pembentukan (mmol) | |
|--|---|----------------|---------------------------------|----------------|
| | H ₂ | O ₂ | H ₂ | O ₂ |
| Sr _{1-x} Y _{2x/3} Bi ₂ Ta ₂ O ₉ | 2,64 | 0,12 | 21,11 | 0,95 |
| $x = 0,025$ | 2,82 | 0,16 | 22,56 | 1,26 |
| $x = 0,05$ | 3,05 | 0,16 | 24,42 | 1,28 |
| $x = 0,075$ | 3,53 | 0,17 | 28,27 | 1,36 |
| $x = 0,1$ | 3,95 | 0,21 | 31,64 | 1,65 |

Senthil & Panigrahi (2019) mensintesis senyawa SBT terdoping Y^{3+} ($Sr_xY_{2x/3}Bi_2Ta_2O_9$) menggunakan metode reaksi keadaan padatan. Jumlah terbentuknya H_2/O_2 menggunakan penangkap $CH_3OH/AgNO_3$ untuk 0,2 g katalis diperiksa secara terpisah dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.5 dan hasil pengujian dirangkum dalam Tabel 2.1. Dilaporkan bahwa pembentukan H_2/O_2

meningkat secara linier selama durasi empermental 8 jam untuk semua sampel $\text{Sr}_x\text{Y}_{2x/3}\text{Bi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$. Secara komparatif, sampel dengan komposisi $x=0,1$ menunjukkan laju pembentukan H_2/O_2 yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh distorsi kisi mampu membuat semikonduktor feroelektik menangkap elektron-*hole* fotokatalis di daerah permukaan yang telah dipisah, sehingga dapat dengan mudah berperan dalam reaksi *water splitting*.



Gambar 2.5 Aktivitas fotokatalitik *water splitting* SBT terdoping Y^{3+} (Senthil & Panigrahi, 2019)

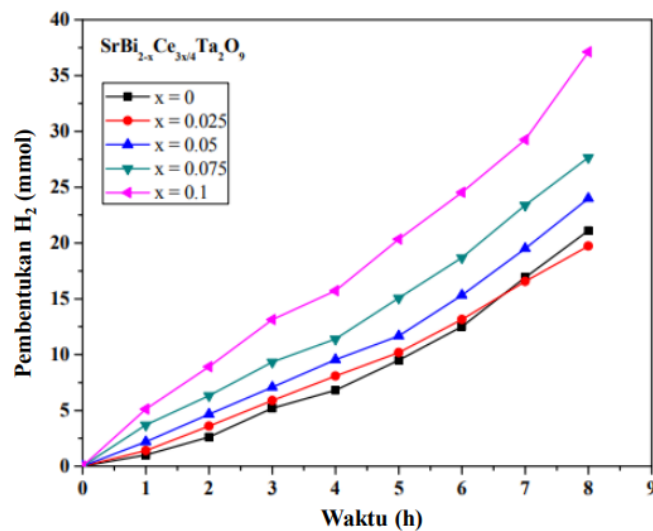
Dalam penelitian yang lain, Senthil, dkk. (2016) mensintesis senyawa SBT terdoping Ce^{4+} ($\text{SrBi}_{2-x}\text{Ce}_{3x/4}\text{Ta}_2\text{O}_9$) menggunakan metode reaksi keadaan padatan. Dilaporkan bahwa $\text{SrBi}_{2-x}\text{Ce}_{3x/4}\text{Ta}_2\text{O}_9$ menghasilkan energi celah pita yang tinggi. Celah pita meningkat secara bertahap dengan meningkatkan substitusi Ce^{4+} dan dalam pengamatan tersebut menunjukkan bahwa substitusi Ce^{4+} secara signifikan mempengaruhi sifat fotokatalis. Material $\text{SrBi}_{2-x}\text{Ce}_{3x/4}\text{Ta}_2\text{O}_9$ diuji aktivitas fotokatalitik *water splitting* dengan menggunakan reagen metanol untuk

memperkirakan aktivitas fotokatalitiknya. Laju pembentukan H_2 dirangkum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jumlah dan laju pembentukan H_2/O_2 untuk 0,2 g SBT terdoping Ce^{4+}

| Komposisi | Rata-rata pembentukan (mmol/h ⁻¹) | | Jumlah total pembentukan (mmol) | |
|--|--|----------------|------------------------------------|----------------|
| | H ₂ | O ₂ | H ₂ | O ₂ |
| SrBi _{2x} Ce _{3x/4} Ta ₂ O ₉ | 2,64 | 0,12 | 21,11 | 0,95 |
| $x = 0,025$ | 2,47 | 0,14 | 19,73 | 1,09 |
| $x = 0,05$ | 3,00 | 0,15 | 23,98 | 1,22 |
| $x = 0,075$ | 3,46 | 0,17 | 27,65 | 1,36 |
| $x = 0,1$ | 4,64 | 0,20 | 37,11 | 1,58 |

Gambar 2.6 menunjukkan ketergantungan waktu dari jumlah hidrogen yang terbentuk pada SBT terdoping Ce^{4+} dalam larutan CH_3OH/H_2O . Dilaporkan bahwa pembentukan H_2/O_2 meningkat secara linier untuk semua sampel SrBi_{2-x}Ce_{3x/4}Ta₂O₉. Material SBT dengan jumlah doping dengan komposisi $x = 0,1$ g menunjukkan aktivitas yang jauh lebih tinggi dalam pembentukan H_2 .

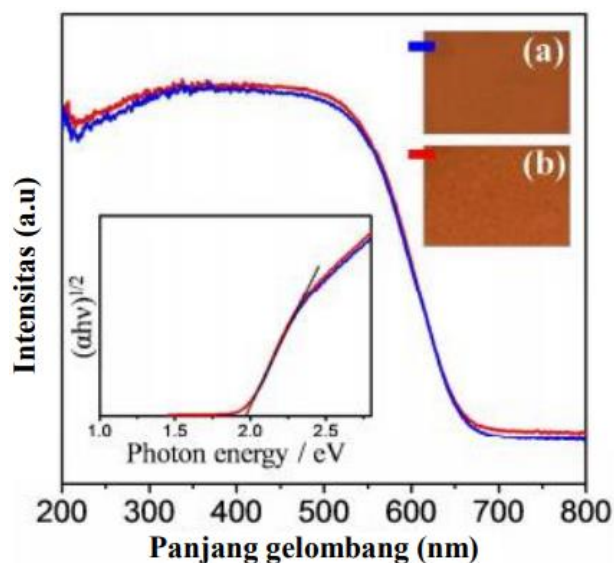


Gambar 2.6 Aktivitas fotokatalitik *water splitting* SBT terdoping Ce^{4+} (Senthil, dkk., 2016)

2.4 Pengaruh Kation A Pada Sifat Fotokatalis

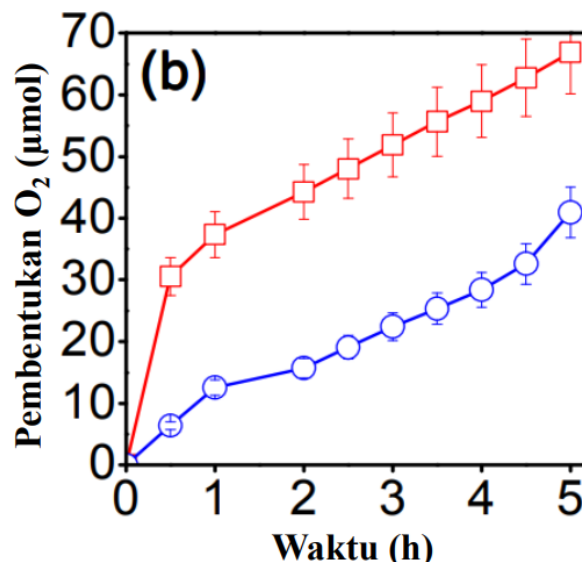
Jenis kation *A-site* berpengaruh terhadap energi celah pita disebabkan oleh efek sterik dari kation *A-site*. Semakin besar ukuran kation *A-site*, volume sel unit berubah dan menyebabkan ikatan *B-O* semakin panjang dan melemah. Melemahnya ikatan kovalensi menyebabkan energi celah pita semakin berkurang. Selain efek sterik, efek induktif berpengaruh terhadap energi celah pita. *A-site* yang lebih elektronegatif akan menurunkan kepadatan elektron dari ikatan *B-O* yang berdekatan, yang menyebabkan melemahnya ikatan *B-O* dan menyebabkan penurunan pada energi celah pita (Hur, dkk., 2006).

Hojamberdiev, dkk., (2017) mensintesis senyawa LnTaON_2 ($\text{Ln} = \text{La, Pr}$) yang hasil karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS ditampilkan pada Gambar 2.7. Dilaporkan bahwa energi celah pita dari material LnTaON_2 ($\text{Ln} = \text{La, Pr}$) masing-masing adalah 1,95 dan 1,97 eV dan terjadi penyerapan di daerah sinar tampak dengan panjang gelombang 650 nm.



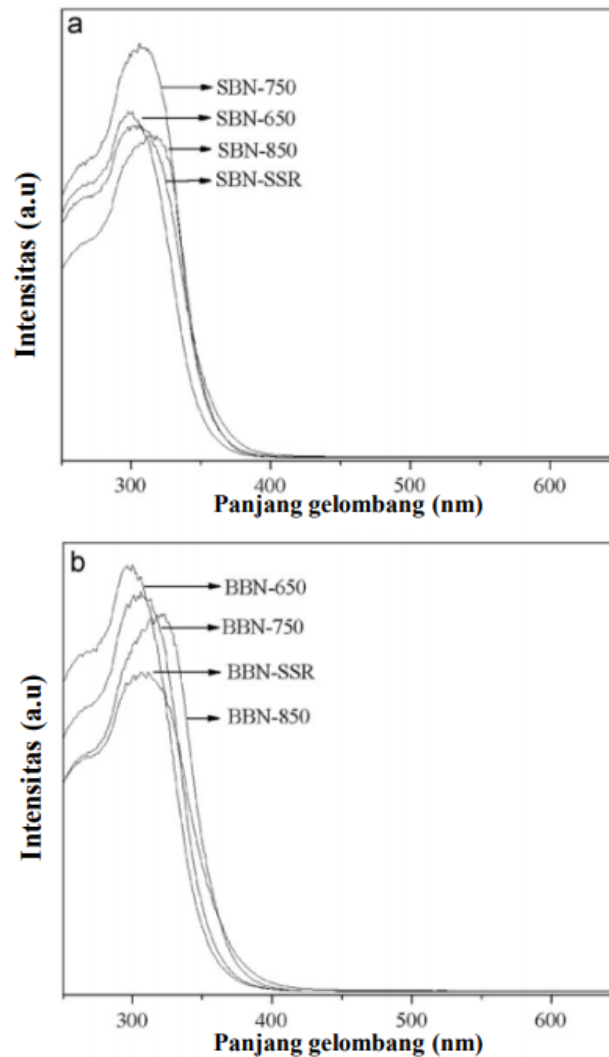
Gambar 2.7 Spektra UV-Vis DRS dari material LnTaON_2 ($\text{Ln} = \text{La, Pr}$) (Hojamberdiev, dkk., 2017)

Aktivitas fotokatalitik *water splitting* material LnTaON_2 ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}$) dengan menggunakan ko-katalis masing-masing dengan Pt (0,5% berat) dan CoO_x (2% berat) ditampilkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Aktivitas fotokatalitik material LnTaON_2 ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}$) (Hojamberdiev, dkk., 2017)

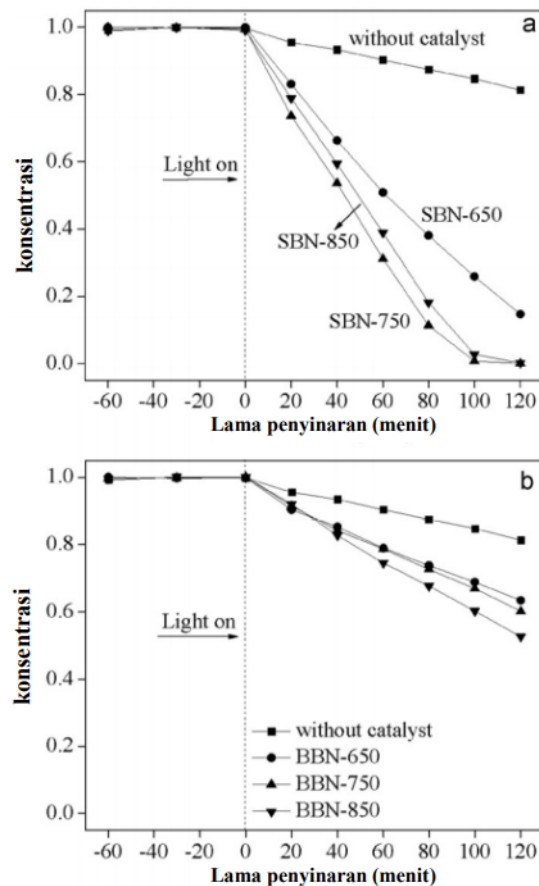
Dilaporkan bahwa aktivitas fotokatalitik LaTaON_2 lebih tinggi daripada PrTaON_2 dengan masing-masing nilai pembentukan O_2 adalah 66,9 dan 40,9 μmol . PrTaON_2 menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang lebih rendah dibandingkan dengan LaTaON_2 karena tingginya cacat instrinsik yang terkait dengan kekosongan anionik dan berkurangnya komposisi tantalum. Selain itu, adsorpsi dari N_2 memberikan kontribusi tambahan terhadap aktivitas fotokatalitik. Suboksida dan suboksinitrida dengan kekosongan anionik sering menunjukkan konduktivitas logam yang berfungsi sebagai situs aktif.



Gambar 2.9 Spektra UV-Vis DRS dari (a) SBN, dan (b) BBN (Wu, dkk., 2011)
Wu, dkk., (2011) mensintesis material $ABi_2Nb_2O_9$ (ABN) ($A = Sr, Ba$)

menggunakan metode *citrate complex* dengan variasi suhu. Dilaporkan bahwa seiring dengan bertambahnya suhu kalsinasi, sampel ABN menunjukkan sedikit pergeseran merah. Pergeseran ini disebabkan oleh meningkatnya ukuran partikel. Ion Sr dan Ba berpengaruh terhadap pembentukan struktur kristal sebagai kation di situs *A-site*, namun ion tersebut tidak berkontribusi pada pembentukan energi celah pita. Pita valensi terbentuk dari orbital O $2p$ sedangkan pita konduksi terbentuk dari orbital Bi $6p$ dan orbital Nb $4d$. Energi celah pita dari masing-masing suhu

dirangkum dalam Tabel 2.3 dan karakterisasinya menggunakan UV-Vis DRS ditampilkan pada Gambar 2.9 (a-b).



Gambar 2.10 Aktivitas fotokatalitik dari (a) SBN, dan (b) BBN (Wu, dkk., 2011)

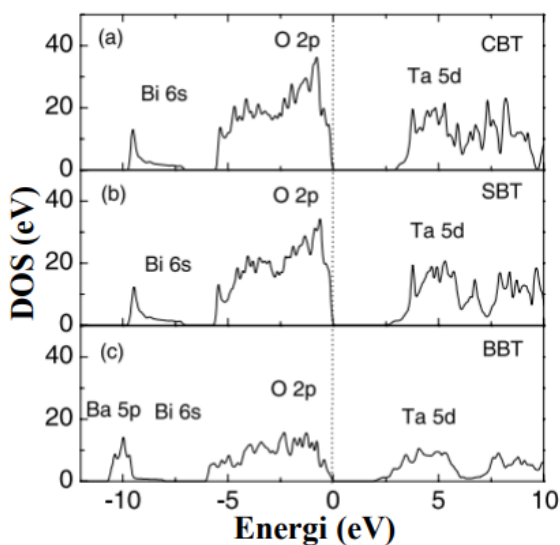
Aktivitas fotokatalitik material ABN diuji untuk mendegradasi *methyl orange* dibawah sinar UV. Aktivitas fotokatalitik material ABN ditampilkan pada Gambar 2.10 (a-b). Dilaporkan bahwa laju degradasi *methyl orange* meningkat seiring dengan bertambahnya suhu kalsinasi dan semakin tinggi suhu kalsinasi maka senyawa yang diperoleh memiliki derajat kristalinitas yang tinggi. Kristalinitas yang baik dapat mengurangi laju rekombinasi dan dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik. Selain itu, dilaporkan bahwa luas permukaan berpengaruh

terhadap aktivitas fotokatalitik material ABN (A= Sr, Ba). Sampel SBN-750 memiliki laju degradasi lebih cepat daripada SBN-850 karena luas permukaan SBN-750 yang besar. Secara keseluruhan, aktivitas fotokatalitik ABN ditentukan oleh keseimbangan kristalinitas dan luas permukaan (Wu, dkk., 2011). Luas permukaan ABN dirangkum pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Luas permukaan BET dan energi celah pita sampel $ABi_2Nb_2O_9$ (A = Sr, Ba) disintesis dengan metode kompleks sitrat dan reaksi keadaan padat

| Sampel | Kondisi sintesis (jam) | BET (m^2/g) | E_g (eV) |
|---------|------------------------|-----------------|------------|
| SBN-650 | 650°C, 4 | 6,9 | 3,54 |
| SBN-750 | 750°C, 4 | 3,5 | 3,51 |
| SBN-850 | 850°C, 4 | 2,2 | 3,48 |
| SBN-SSR | Reaksi keadaan padat | 1,7 | 3,44 |
| BBN-650 | 650°C, 4 | 6,5 | 3,51 |
| BBN-750 | 750°C, 4 | 3,3 | 3,46 |
| BBN-850 | 850°C, 4 | 1,9 | 3,39 |
| BBN-SSR | Reaksi keadaan padat | 1,2 | 3,34 |

Cai, dkk., (2005) melakukan perhitungan secara teori material ABT dengan metode *full potential linearized augmented plane wave* (FLAPW) dengan fungsi basis orbital lokal. Total *density of state* (DOS) dari ABT ditunjukkan pada Gambar 2.11. Dilaporkan bahwa pita valensi dan pita konduksi dibentuk oleh orbital O 2p dan Ta 5d dengan energi celah pita ABT (A= Ca, Sr, Ba) masing-masing adalah 2,9; 2,7; dan 2,0 eV. Energi celah pita menurun seiring dengan meningkatnya kation A-site. Penurunan energi celah pita ini berasal dari hibridisasi kuat antara orbital Ta 5d dan O 2p.



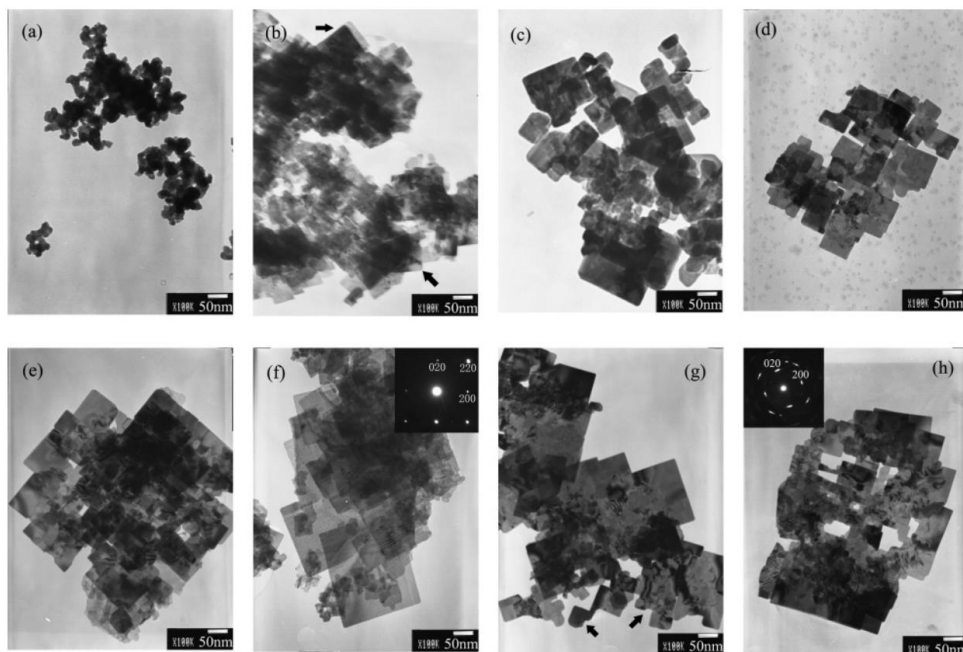
Gambar 2.11. Perhitungan total *density of state* (DOS) dari ABT (Cai, dkk., 2005)

Li, dkk., (2008) mensintesis material ABT ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) menggunakan metode reaksi keadaan padatan. Dilaporkan bahwa sudut ikatan mempengaruhi aktivitas fotokatalitik. Untuk ABT ($A = \text{Ca, Sr}$), sudut ikatan Ta-O-Ta meningkat seiring meningkatnya ukuran kation A . Sudut ikatan ABT ($A = \text{Ca, Sr}$) masing-masing adalah $152,3131^\circ$ dan $145,3821^\circ$. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ABT ($A = \text{Ca, Sr}$) memiliki struktur kristal yang serupa, pasangan elektron dan *hole* bergerak lebih mudah ketika sudut ikatan Ta-O-Ta lebih besar. Pergerakan pasangan elektron dan *hole* mempengaruhi aktivitas fotokatalitik karena lebih mudah mencapai ke permukaan tempat terjadinya reaksi fotokatalitik.

2.5 Pengaruh Morfologi Partikel Terhadap Aktivitas Fotokatalitik

Aktivitas fotokatalitik material semikonduktor dipengaruhi oleh morfologi dan ukurannya. Luas permukaan yang tinggi, tipis, struktur berongga, dan tersusun rapi dapat meningkatkan penyerapan cahaya dalam aktivitas fotokatalitik. Sifat-

sifat tersebut memungkitkan percepatan migrasi pasangan elektron dan *hole* ke permukaan sehingga mengurangi penggunaan dosis fotokatalis (He, dkk., 2008). Zhang & Zhu (2005) mensintesis senyawa Bi_2WO_6 dengan menggunakan metode Hidrothermal dan metode reaksi keadaan padatan. Gambar SEM dengan variasi suhu ditampilkan pada Gambar 2.12. Partikel Bi_2WO_6 yang diperoleh melalui metode Hidrothermal adalah *square nanoplate* sedangkan partikel Bi_2WO_6 yang diperoleh melalui metode reaksi keadaan padatan adalah *irreguler shape*. Tabel 2.4 menunjukkan area permukaan BET dan tingkat laju adsorpsi masing-masing sampel. Dijelaskan bahwa partikel Bi_2WO_6 yang diperoleh melalui metode Hidrothermal memiliki area permukaan BET jauh lebih besar dan dapat lebih efisien menyerap molekul RhB daripada partikel Bi_2WO_6 yang menggunakan metode reaksi keadaan padatan.

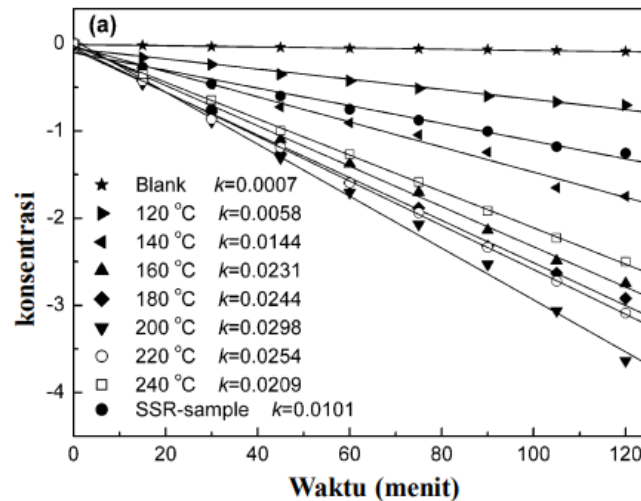


Gambar 2.12 Morfologi partikel Bi_2WO_6 dengan variasi suhu: (a) prekursor, (b) 120, (c) 140, (d) 160, (e) 180, (f) 200, (g) 220, dan (h) 240°C (Zhang & Zhu, 2005)

Tabel 2.4 Ukuran, luas Permukaan BET, dan persentase adsorpsi dari Sampel dengan variasi suhu

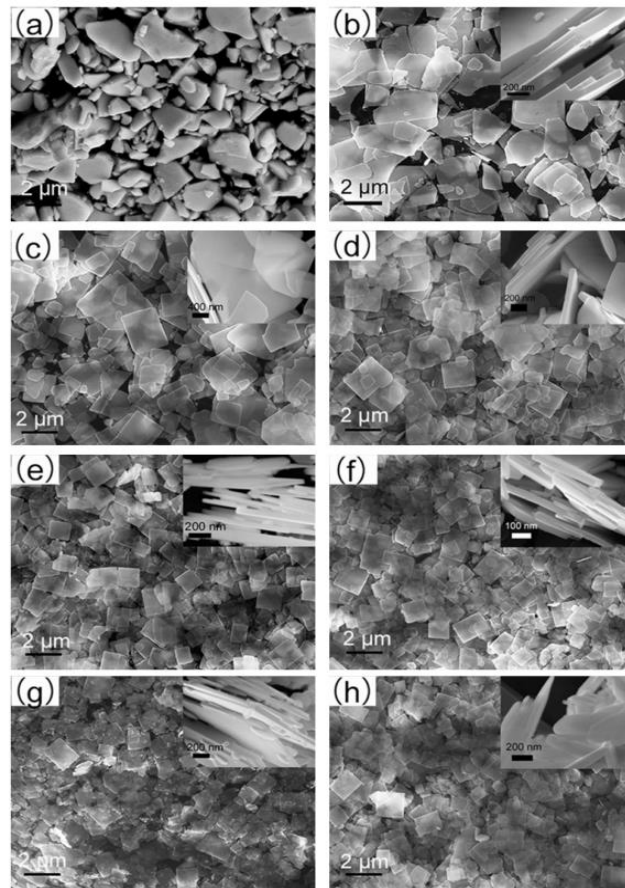
| Sampel | Bi ₂ WO ₆ dengan metode SSR | Bi ₂ WO ₆ dengan metode hidrothermal | | | | | | |
|--|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 120°C | 140°C | 160°C | 180°C | 200°C | 220°C | 240°C |
| Panjang tepi (nm) | - | - | ~50 | ~50 | ~100 | ~200 | ~200 | - |
| Luas permukaan BET (m ² /g) | 1,24 | 32,58 | 24,64 | 22,85 | 20,97 | 21,34 | 19,63 | 17,08 |

Aktivitas fotokatalitiknya material Bi₂WO₆ diuji untuk mendegradasi rhodamin B (RhB) dan ditampilkan pada Gambar 2.13. Dilaporkan bahwa RhB dapat terdegradasi secara alami, tetapi laju degradasinya sangat lambat. Diantara sampel variasi suhu, hanya sampel dengan suhu 120°C yang menunjukkan aktivitas yang lebih rendah daripada sampel yang disiapkan dengan metode reaksi keadaan padatan. Banyak cacat dapat bertindak sebagai pusat rekombinasi lubang elektron, sehingga aktivitas fotokatalitik rendah. Sebelum suhu 200°C, semakin tinggi suhu, semakin tinggi aktivitas fotokatalitik. tetapi diatas 160°C, efek suhu tidak terlalu berpengaruh. Aktivitas fotokatalitik hanya meningkat sedikit, dan aktivitas fotokatalitik tertinggi diperoleh pada suhu 200°C. Namun, ketika suhu semakin meningkat, aktivitas fotokatalitik menurun. Hal ini disebabkan oleh fase kristal yang lebih buruk dan konsisten. Tetapan laju reaksi dengan suhu bervariasi 120; 140; 160; 180; 200; 220; 240°C masing-masing adalah 0,0058; 0,0144; 0,0231; 0,0244; 0,0298; 0,0254; 0,0209 menit⁻¹. Sebaliknya, laju reaksi dari sampel Bi₂WO₆ dengan menggunakan metode reaksi keadaan padatan hanya 0,0101 menit⁻¹.



Gambar 2.13 Aktivitas fotokatalitik senyawa Bi_2WO_6 (Zhang & Zhu, 2005)

He, dkk., (2014) mensintesis senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (disimbolkan BTO) dengan menggunakan metode lelehan garam campur NaCl dan KCl dan dibandingkan dengan metode reaksi keadaan padatan. Gambar SEM sampel yang diperoleh dari sintesis dengan metode lelehan garam campuran NaCl dan KCl ditampilkan pada Gambar 2.14 (b-h). Dapat diketahui bahwa bentuk partikel yang diperoleh cukup seragam. Dengan penambahan jumlah garam, bentuk sampel BTO berubah dari bentuk *fragmentary rectangular nanosheets* dengan pinggiran yang tidak teratur menjadi *inerratic rectangular nanosheets*. Sedangkan gambar SEM partikel yang diperoleh dari metode reaksi keadaan padatan ditampilkan pada Gambar 2.14 (a) Dapat diketahui bahwa bentuk partikel yang diperoleh adalah *irregular shape*.



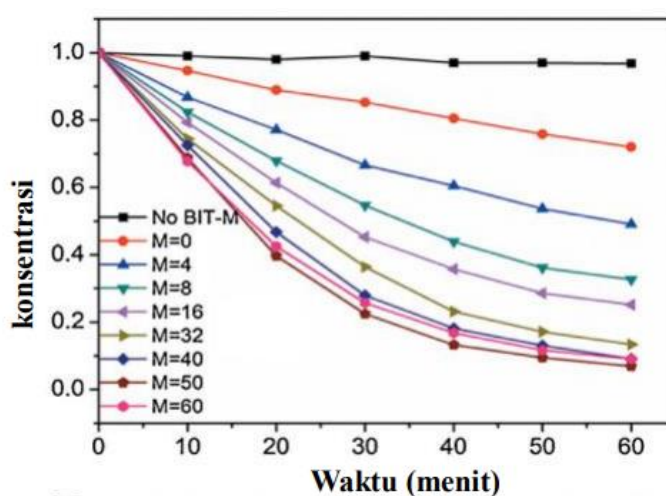
Gambar 2.14 Morfologi partikel BTO (a) menggunakan metode reaksi keadaan padatan dan menggunakan metode lelehan garam: (b) BTO-4, (c) BTO-8, (d) BTO-16, (e) BTO-32, (f) BTO-40 (g), BTO-50, dan (h) BTO-60 (He, dkk., 2014)

Aktivitas fotokatalitik material BTO diuji untuk mendegradasi RhB yang ditampilkan pada Gambar 2.15. Dilaporkan bahwa sampel BTO yang menggunakan metode lelehan garam (disimbolkan dengan BTO-M) memiliki aktivitas fotokatalitik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel BTO yang diperoleh dari metode reaksi keadaan padatan. Luas permukaan sangat mempengaruhi sifat fotokatalitik BTO. Sampel yang menggunakan metode lelehan garam memiliki luas permukaan yang lebih besar daripada sampel BTO yang diperoleh dari reaksi keadaan padatan. Luas permukaan yang lebih besar dapat menyediakan lebih banyak situs permukaan aktif yang digunakan untuk reaksi fotokatalitik dan

peningkatan luas permukaan meningkatkan efisiensi kuantum transfer muatan antar muka (He, dkk., 2014). Luas permukaan material BTO dirangkum dalam Tabel 2.5

Tabel 2.5 Luas Permukaan BET sampel BTO

| Sampel | BTO-0 | BTO-4 | BTO-8 | BTO-16 | BTO-32 | BTO-40 | BTO-50 | BTO-60 |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Luas permukaan BET (m^2/g) | 1,425 | 2,303 | 3,129 | 3,582 | 5,12 | 6,023 | 6,467 | 6,277 |



Gambar 2.15 Aktivitas fotokatalitik senyawa BTO (He, dkk., 2014)

2.6 Metode Lelehan Garam

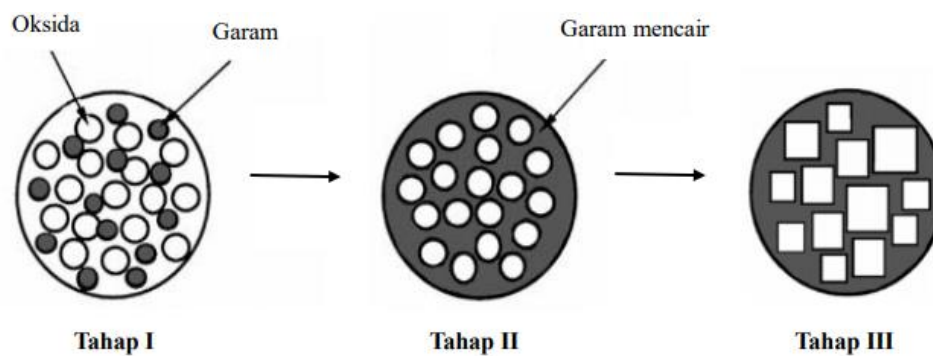
Metode lelehan garam dapat digunakan untuk berbagai jenis oksida logam. Metode lelehan garam memiliki kelebihan di antaranya adalah stabil pada suhu tinggi, tekanan uap yang rendah, rentang suhu pengoperasian yang luas, menghasilkan limbah yang minimal, mudah dilakukan, dan membutuhkan biaya bahan yang murah. Jenis garam yang digunakan untuk metode lelehan garam berupa garam tunggal contohnya adalah NaCl, KCl, MgCl_2 , dan lain-lain. Selain garam tunggal adapula garam campuran yang dapat digunakan antara lain: K_2CO_3 – Na_2CO_3 , NaCl–KCl, NaNO_3 – KNO_3 – NaNO_2 (Kuchibhotla, dkk., 2020). Garam

yang garam cair memungkinkan untuk transportasi transfer massa yang lebih cepat dalam fase cair dengan cara konveksi dan difusi. Metode lelehan garam menghasilkan produk dengan kristalinitas yang lebih baik dan dapat mengontrol morfologi produk, di mana morfologi partikel dapat mempengaruhi aktivitas fotokatalitik karena reaksi fotokatalitik terjadi dipermukaan partikel (Dong, dkk., 2016).

Peran garam cair adalah (1) untuk meningkatkan laju reaksi dan menurunkan suhu reaksi; (2) meningkatkan derajat homogenitas (distribusi unsur-unsur pokok dalam larutan padat); (3) untuk mengontrol ukuran partikel; (4) untuk mengontrol bentuk partikel; dan (5) untuk mengontrol keadaan aglomerasi. Tujuan utama penggunaan sintesis garam cair adalah (1) menyiapkan bubuk untuk sintering dan (2) untuk menyiapkan partikel anisometrik (Kimura, 2011).

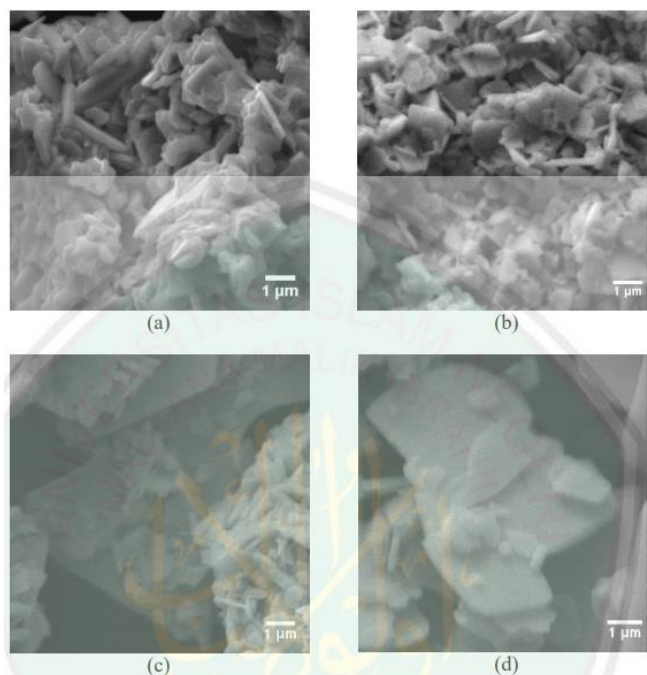
Proses pertumbuhan kristal menggunakan metode lelehan garam ditampilkan pada Gambar 2.16. Pada tahap I, oksida reaktan dan prekursor yang sesuai dengan senyawa yang diinginkan dicampur dengan garam yang diinginkan (misalnya, NaCl, KCl). Pada tahap II, campuran dipanaskan pada suhu di atas titik leleh medium garam untuk membentuk fluks cair. Pada suhu ini, molekul prekursor menyebar, berdisosiasi, menyusun ulang, dan kemudian berdifusi dengan cepat ke seluruh garam. Pada tahap III, partikel produk mulai terbentuk nukleasi dan tumbuh melalui proses presipitasi larutan. Karakteristik serbuk produk dikontrol dengan memilih suhu dan durasi pemanasan. Massa yang bereaksi didinginkan sampai suhu kamar dan dicuci dengan pelarut yang sesuai (air biasanya digunakan) untuk menghilangkan garam. Serbuk oksida kompleks dapat diperoleh setelah pengeringan, dan mereka memiliki beberapa karakteristik unik dibandingkan

dengan yang diperoleh dengan metode lain seperti reaksi keadaan padat (Xue, dkk., 2018).



Gambar 2.16 Ilustrasi skematis dari tahapan proses utama metode lelehan garam (Xue, dkk., 2018)

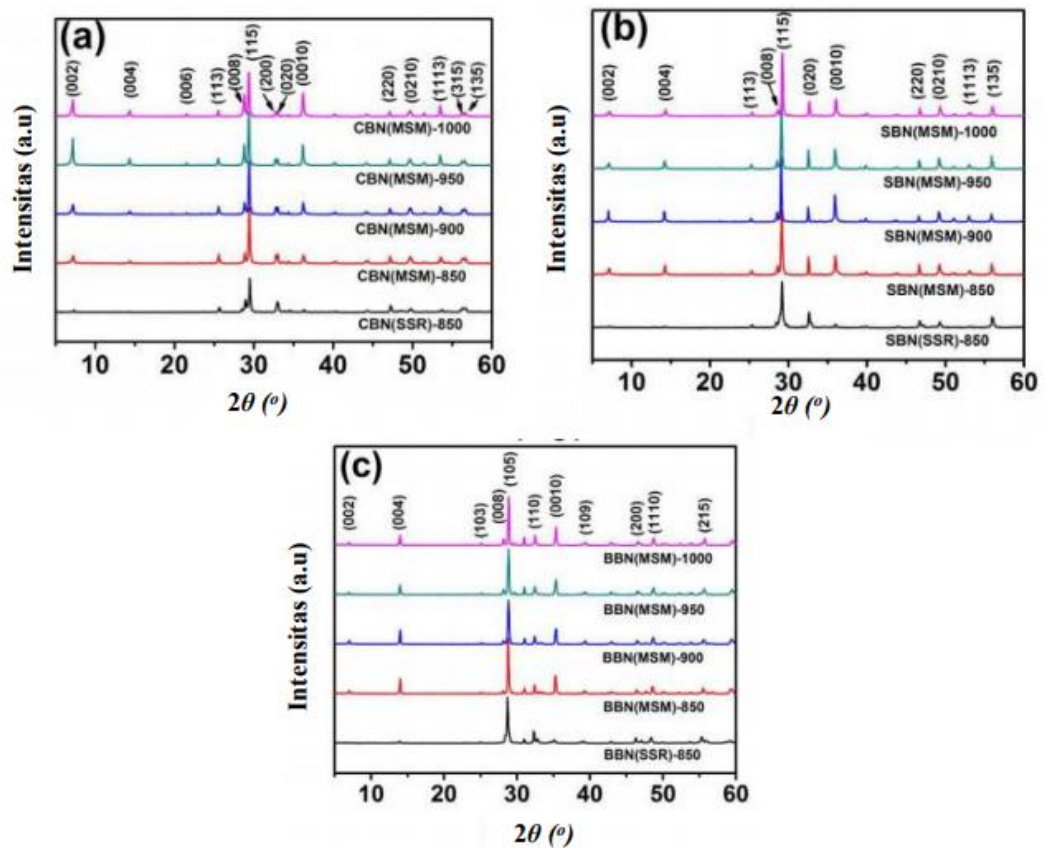
Marella (2017) berhasil mensintesis senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ menggunakan metode lelehan garam dengan variasi suhu. Gambar SEM senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ yang disintesis dengan lelehan garam ditampilkan pada Gambar 2.17. Dilaporkan bahwa morfologi yang diperoleh pada suhu 800 dan 850 °C (Gambar 2.17 (a) dan (b)) adalah *plate-like* dengan ukuran partikel yang masih relatif kecil dan masih terbentuk agregat. Sedangkan pada suhu 900 dan 950 °C (Gambar 2.17 (c) dan (d)) morfologi yang terbentuk adalah *plate-like* dengan ukuran partikel semakin membesar dan agregat mulai berkurang. Hal ini dipengaruhi oleh semakin meningkatnya suhu energi permukaan dan luas permukaan akan meningkat.



Gambar 2.17 Gambar SEM yang disintesis dengan metode lelehan garam pada suhu (a) 800, (b) 850, (c) 900, (d) 950 °C (Marella, 2017)

2.7 Sintesis Senyawa Aurivillius dengan Metode Lelehan Garam

Sintesis senyawa Aurivillius dengan metode lelehan garam telah banyak dilakukan berbagai pihak. Zhang, dkk., (2018) berhasil mensintesis senyawa $ABi_2Nb_2O_9$ (ABN) ($A = Ca, Sr, Ba$). Difraktogram senyawa produk yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 2.18 dan menunjukkan bahwa tidak ditemukan pengotor. CBN dan SBT (Gambar 2.18 (a-b)) berbentuk ortorombik dengan kelompok ruang $A2_1am$. Sedangkan BBT berbentuk tetragonal dengan grup ruang $I4/mmm$. Kemudian pola XRD ABN yang menggunakan metode lelehan garam (ABN-MSM) dibandingkan dengan ABN yang menggunakan metode reaksi keadaan padatan (ABN-SSR).

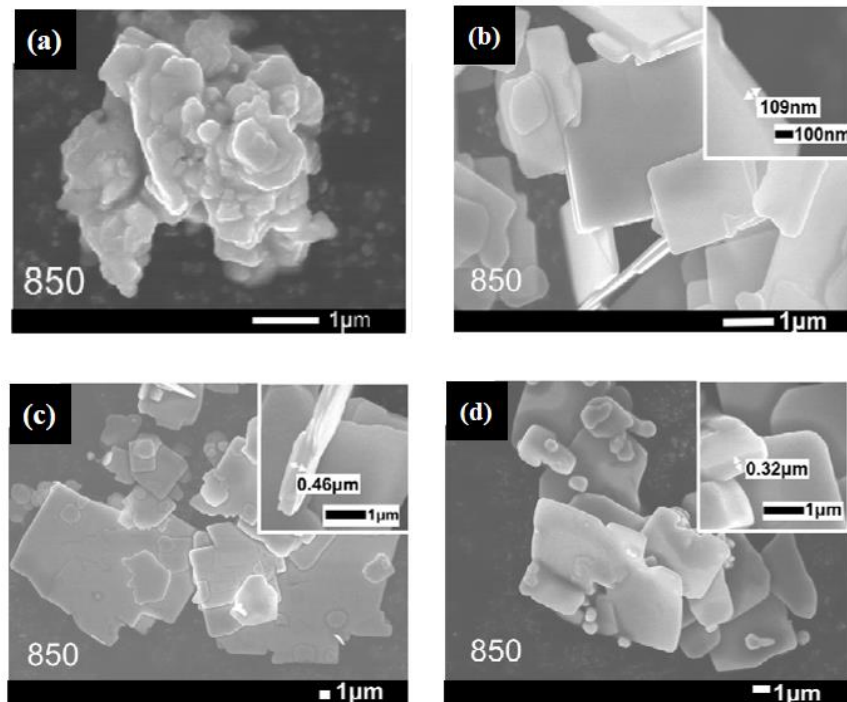


Gambar 2.18 Difraktogram ABN disiapkan dengan metode lelehan garam dan reaksi keadaan padat (SSR): (a) CBN, (b) SBN, dan (c) BBN (Zhang, dkk., 2018)

Dilaporkan bahwa hasil yang diperoleh dengan metode lelehan garam pada suhu yang sama memiliki puncak difraksi yang lebih tajam, yang berarti metode lelehan garam berkontribusi untuk memperoleh butiran kristal ABN dengan kristal yang lebih baik daripada reaksi keadaan padatan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.18 (a), intensitas (002), (004), (008) dan (0010) puncak difraksi CBN (MSM)-X menjadi lebih tajam dengan peningkatan suhu, sedangkan intensitas puncak difraksi dominan (115) untuk sampel CBN (MSM)-X pada $2\theta = 29^\circ$ tidak memiliki perubahan yang jelas. Ini menunjukkan suhu garam cair tidak memiliki efek yang jelas pada kristalinitas CBN (MSM)-X, tetapi berdampak pada

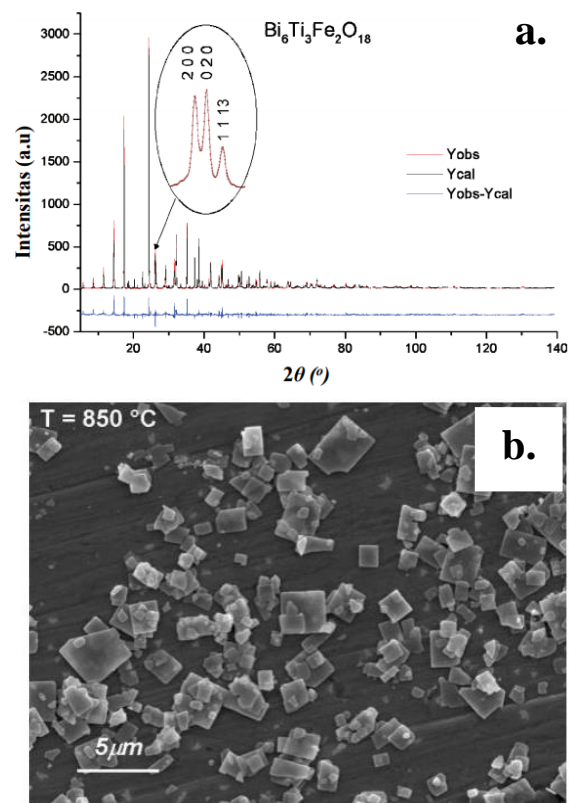
pertumbuhan (001) secara signifikan. Perubahan puncak difraksi (001) dengan peningkatan suhu garam cair menunjukkan bahwa CBN (MSM)-X yang disintesis memiliki orientasi yang lebih disukai di sepanjang bidang (001). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.18 (b) dan (c), intensitas (001) puncak difraksi SBN (MSM)-X dan BBN (MSM)-X sampel juga meningkat secara signifikan dibandingkan dengan sampel yang disiapkan oleh reaksi keadaan padatan. Namun, puncak difraksi (001) dari SBN (MSM)-X dan BBN (MSM)-X memiliki sedikit penurunan pada suhu tinggi, menunjukkan bahwa pertumbuhan sepanjang bidang (001) SBN (MSM)-X dan BBN (MSM)-X butiran kristal terhalang pada suhu tinggi.

Mikrograf senyawa ditunjukkan pada Gambar 2.19. Dilaporkan bahwa senyawa CBN yang menggunakan metode reaksi keadaan padatan menunjukkan morfologi yang tidak teratur dengan ukuran partikel 3 μm . Sedangkan hasil berbeda ditunjukkan pada senyawa CBN dan ABN ($A = \text{Sr, Ba}$) yang menggunakan metode lelehan garam menunjukkan bahwa butiran memiliki struktur seperti *plane-like* dengan garis *rectangular* (Zhang, dkk., 2018)



Gambar 2.19 Morfologi partikel (a) CBN (dengan metode reaksi keadaan padatan), (b) CBN (dengan metode lelehan garam) (c) SBN (dengan metode lelehan garam), dan (d) BBN (dengan metode lelehan garam) (Zhang, dkk., 2018)

Guaderrama, dkk., (2006) berhasil mensintesis senyawa $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$. Difraktogram senyawa produk yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 2.20 (a). Dilaporkan bahwa material $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$ berhasil diperoleh dan tidak ditemukan pengotor. Struktur $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$ berbentuk ortorombik dengan grup ruang $F2mm$. Mikrograf senyawa ditunjukkan pada Gambar 2.20 (b). Dilaporkan bahwa morfologi senyawa $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$ adalah *plate-like*.



Gambar 2.20 (a) Difraktogram $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$, (b) Morfologi partikel $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$ (Guaderrama, dkk., 2006)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2020 – Maret 2021 yang bertempat di Laboratorium Kimia Anorganik 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*, oven, seperangkat instrumen XRD, seperangkat instrumen SEM-EDS, seperangkat instrumen UV-Vis, seperangkat instrumen UV-Vis DRS, dan reaktor fotokatalis dengan lampu *blacklight blue*, dan daya sebesar 40 watt.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan antara lain SrCO_3 (Aldrich, 99% serbuk), CaCO_3 (Aldrich, 99% serbuk), BaCO_3 (Aldrich, 99% serbuk), Ta_2O_5 (Aldrich, 99% serbuk), Bi_2O_3 (Aldrich, 99% serbuk), NaCl (Aldrich, 99% serbuk), AgNO_3 (Aldrich, larutan 2,5%), aseton, dan akuades.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif. Tahapan dimulai dengan proses pengadaan bahan dan alat, perhitungan dan penimbangan jumlah bahan, penggerusan material awal, proses homogenasi, serta proses pemanasan awal dengan suhu di bawah titik leleh garam yang bertujuan untuk menaikkan titik didih dari komponen yang bereaksi. Kemudian, sintesis senyawa aurivillius lapis dua $ABi_2Ta_2O_9$ dimana dilakukan variasi pergantian di kation A dengan unsur kalsium, stronsium, dan barium dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl pada suhu 810, dan 850 °C, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan sampai suhu ruang, dan penghilangan kadar garam dengan air panas.

Karakterisasi sampel yang telah disintesis mencakup, (a) karakterisasi dan analisa produk sintesis menggunakan instrumen XRD untuk mengetahui struktur yang terbentuk, (b) karakterisasi dan analisa morfologi, dan ukuran partikel produk menggunakan instrumen SEM-EDS, dan (c) penentuan energi celah pita produk menggunakan instrumen UV-Vis DRS. Selanjutnya uji aktivitas fotokatalitik mencakup (a) pengujian kestabilan larutan metilen biru, (b) pengujian adsorpsi-desorpsi produk sintesis, dan (c) pengujian aktivitas fotokatalitik produk sintesis terhadap pendegradasian senyawa organik metilen biru menggunakan reaktor fotokatalis.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Tahap preparasi bahan dan pemanasan awal.

- b. Tahapan sintesis ABT ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) dengan metode lelehan garam tunggal NaCl.
- c. Tahapan proses karakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDS, dan UV-Vis DRS.
- d. Tahapan uji aktivitas fotokatalitik dengan menggunakan larutan metilen biru.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal

Dalam penelitian ini senyawa ABT ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) disintesis sebanyak 4 gram. Prekursor SrCO_3 , CaCO_3 , BaCO_3 , Bi_2O_3 , dan Ta_2O_5 yang digunakan dirangkum dalam Tabel 3.1. Prekursor kemudian dihomogenkan dengan digerus menggunakan *mortar agate* selama satu jam. Sampel kemudian dipanaskan pada suhu $700\text{ }^\circ\text{C}$ selama enam jam.

Tabel 3.1 Massa tiap reaktan hasil perhitungan

| Target | Massa | Massa pereaksi (gram) | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------|
| Senyawa | target | SrCO_3 | CaCO_3 | BaCO_3 | Bi_2O_3 | Ta_2O_5 | NaCl |
| | (gram) | | | | | | |
| $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ | 4 | 0,5838 | - | - | 1,8427 | 1,7475 | 1,6178 |
| $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ | 4 | - | 0,4153 | - | 1,9336 | 1,8337 | 1,6976 |
| $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ | 4 | - | - | 0,7438 | 1,7564 | 1,6657 | 1,5420 |

3.4.2 Sintesis ABT ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) Dengan Metode Lelehan Garam

Sampel dan garam dengan perbandingan mol produk dan garam 1:7 dihomogenkan dengan cara digerus dalam *mortar agate* selama satu jam. Campuran

kemudian dipanaskan menggunakan tanur pada suhu 810, dan 850°C selama 6 jam. Sampel kemudian dikeluarkan dari dalam tanur dan disaring dengan menggunakan kertas saring dalam corong gelas. Produk kemudian dicuci dengan air panas secara berulang kali untuk menghilangkan garam NaCl dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 90°C selama 3 jam.

3.4.3 Karakterisasi Sampel Produk ABT (A= Ca, Sr, Ba)

3.4.3.1 Karakterisasi ABT (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan Instrumen XRD

Karakterisasi XRD bertujuan untuk menganalisa produk sintesis dan struktur kristalnya. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar menggunakan XRD dengan radiasi Cu $K\alpha$ (40 kV, 20 mA) pada rentang $2\theta = 10-80^\circ$.

3.4.3.2 Karakterisasi ABT (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan Instrumen SEM-EDS

Karakterisasi SEM-EDS bertujuan untuk menganalisa morfologi dan topografi partikel, struktur partikel, dan ukuran. Produk hasil sintesis kemudian ditempatkan 50 mg sampel pada sampel *holder*. Kemudian ditempatkan pada instrumen SEM-EDS dan dilakukan analisa menggunakan instrumen SEM-EDS dengan pembesaran 3.000-10.000 kali (Chen, dkk., 2014).

3.4.3.3 Karakterisasi ABT (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan UV-Vis DRS

Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS dilakukan untuk mengetahui energi celah pita dan serapan sinar 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 ABT (A= Ca, Sr, Ba) yang terdapat pada database *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS). Selain itu dari data difraksi sinar-X juga dapat menunjukkan kristalinitas dan kemurnian ABT hasil sintesis.

3.4.4.2 Analisis Data SEM-EDS

Hasil karakterisasi SEM-EDS berupa morfologi, ukuran partikel, dan komposisi unsur-unsur penyusun senyawa ABT. Gambar hasil karakterisasi diolah menggunakan *software image-J* (<http://wsr.imagej.net/distros/win/ij153-win-java8.zip>). Dari semua data akan dibandingkan morfologi partikel yang terbentuk untuk mengetahui pengaruh *A-site* 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 absorbs molar, S adalah koefisien *scattering*, dan R adalah nilai reflektan yang diukur. Nilai energi celah pita ditentukan dari membuat plot antara antara energi foton ($h\nu$) (sebagai sumbu x) dan $(F(R).h\nu)^n$ (sebagai sumbu y). Energi foton ($h\nu$) bisa dihitung dari

data panjang gelombang yang terukur, di mana $h\nu = hc/\lambda$ 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 $y = 0$.

3.4.5 Uji Aktivitas Fotokatalitik

Uji aktivitas fotokatalitik dilakukan untuk mengetahui pengaruh material fotokatalis ABT ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) terhadap kemampuan mendegradasi metilen biru dengan penyinaran UV. Pengujian degradasi metilen biru menggunakan reaktor fotokatalis buatan sendiri dengan volume 64 cm^3 dan lampu UV komersial sebanyak 9 buah.

3.4.5.1 Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru

Dilarutkan 500 mg metilen biru murni dengan menambahkan akuades dalam labu ukur 500 mL hingga tepat tanda batas dan dihomogenkan. Sehingga, diperoleh larutan induk 1000 ppm. Kemudian, disimpan larutan induk metilen biru di dalam lemari reaktor fotokatalis buatan mandiri.

3.4.5.2 Pembuatan Kurva Standar Untuk Spektroskopi UV-Vis

Larutan metilen biru digunakan dengan variasi 1-8 ppm dengan rentang 1 ppm (dari pengenceran larutan induk 1000 ppm metilen biru dengan akuades) sebanyak 100 ml. kemudian larutan tersebut diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum menggunakan spektroskopi UV-Vis. Dari hasil pengukuran kurva standar akan diperoleh persamaan regresi linier antara absorbansi (A) dengan konsentrasi (c).

3.4.5.3 Pengujian Kestabilan Larutan Metilen Biru

Pengujian dilakukan pada larutan metilen biru 6 ppm sebanyak 100 mL. (a) Pada daerah tanpa lampu UV, dimasukkan 100 mL larutan metilen biru ke dalam fotoreaktor selama 0; 20; 40; 60; dan 80 menit penyimpanan. Kemudian dilakukan pengukuran serapan larutan hasil absorbansi metilen biru menggunakan spektrofotometer UV-Vis, (b) Pada daerah terpapar lampu UV, dimasukkan 100 mL larutan metilen biru ke dalam fotoreaktor selama 0; 20; 40; 60; dan 80 menit penyimpanan dengan menggunakan lampu *blacklight blue*. Kemudian dilakukan pengukuran serapan larutan hasil absorbansi metilen biru menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

3.4.5.4 Pengujian Kesetimbangan Adsorpsi-Desorpsi Senyawa ABT (A= Ca, Sr, Ba)

Pengujian dilakukan pada sampel katalis ABT (A= Ca, Sr, Ba) larutan metilen biru 6 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam beaker glass 100 mL. Kemudian ditambahkan katalis CBT sebanyak 0,1 gram. Selanjutnya campuran tersebut dimasukkan ke dalam reaktor fotokatalis dan diaduk selama 30 menit penyimpanan tanpa cahaya untuk memastikan terjadi kesetimbangan adsorpsi-desorpsi. Kemudian, larutan diamkan untuk mengendapkan katalis. Kemudian dilakukan pengukuran serapan larutan hasil absorbansi metilen biru menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Kemudian dilakukan langkah yang sama untuk katalis SBT dan BBT.

3.4.5.5 Pengujian Aktivitas Fotokatalitik

Pengujian dilakukan pada sampel katalis ABT (A= Ca, Sr, Ba). Larutan metilen biru 6 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam beaker glass 100 mL. Kemudian ditambahkan katalis CBT sebanyak 0,1 gram dengan kondisi pH netral. Selanjutnya campuran tersebut dimasukkan ke dalam reaktor fotokatalis dan diaduk selama 30 menit penyimpanan tanpa cahaya untuk memastikan terjadi kesetimbangan adsorpsi-desorpsi, kemudian dilakukan menggunakan lampu *blacklight blue* dengan panjang gelombang 365 nm, dan P = 40 Watt selama 0, 20, 40, 60, 80 menit dengan menggunakan lampu *blacklight blue* dengan panjang gelombang 365 nm, dan P = 40 Watt. Setelah dilakukan penyinaran, larutan diamkan untuk mengendapkan katalis. Kemudian dilakukan pengukuran serapan larutan hasil degradasi metilen biru menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum untuk mengetahui banyaknya senyawa metilen biru yang terdegradasi. Aktivitas fotodegradasi metilen biru dilakukan dengan membandingkan absorbansi awal dan absorbansi setelah limbah didegradasi secara spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Kemudian dilakukan langkah yang sama untuk katalis SBT dan BBT. Hasil data pengukuran degradasi akan diperoleh hubungan antara komposisi katalis, dengan % degradasi.

BAB IV

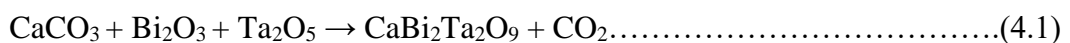
PEMBAHASAN

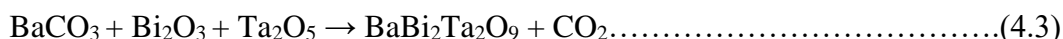
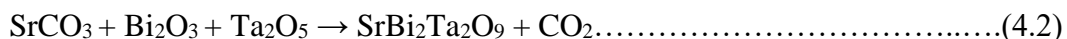
Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl pada suhu 810 dan 850 °C selama 6 jam. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan (a) XRD untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, (b) SEM-EDS untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, dan kandungan unsur senyawa, (c) UV-Vis DRS untuk mengetahui energi celah pita. Sampel yang diperoleh diuji aktivitas fotokatalitiknya dalam mendegradasi larutan metilen biru.

4.1 Sintesis Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dengan Metode Lelehan Garam

Sintesis senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dilakukan dengan mereaksikan ACO_3 ($A = Ca, Sr, Ba$), Bi_2O_3 , dan Ta_2O_5 dengan menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl. Pemanasan awal dilakukan pada suhu 700 °C selama 6 jam tanpa garam yang bertujuan untuk mencegah penguapan prekursor Bi_2O_3 . Selanjutnya, ditambahkan garam NaCl sebagai media reaksi dan dipanaskan pada suhu 810 dan 850 °C selama 6 jam. Suhu tersebut berada diatas titik leleh NaCl (801 °C) yang diharapkan akan menjadi media reaksi antar prekursor. Sampel sebelum dan sesudah sintesis ditampilkan pada Gambar 4.1

Dapat diketahui bahwa terjadi perubahan warna sampel dari sebelum dikalsinasi berwarna kuning pudar berubah menjadi, (a) $CaBi_2Ta_2O_9$ berwarna putih, (b) $SrBi_2Ta_2O_9$ berwarna kuning pucat, dan (c) $BaBi_2Ta_2O_9$ berwarna kuning. Perubahan warna selama proses kalsinasi mengindikasikan bahwa telah terjadi reaksi kimia. Persamaan reaksi yang terjadi ditampilkan pada persamaan 4.1-4.3.





4.2 Karakterisasi Senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan XRD

Difraktogram senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba) ditampilkan pada Gambar 4.2 dan dicocokkan dengan menggunakan standar *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) No. 490608 yang mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Li, dkk. (2008), hasil perbandingan menunjukkan bahwa terjadi kesesuaian pola pada daerah 2θ yang identik dengan senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba).

Pada sampel $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba) masih ditemukan beberapa puncak yang tidak sesuai dengan standarnya yang kemudian dianggap fasa pengotor. Fasa pengotor yang terbentuk pada masing-masing sampel berupa (a) $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ditemukan fasa CaBi_2O_4 yang dapat diidentifikasi dengan keberadaan puncak difraksi pada 2θ ($^\circ$): 33,58; 47,82; 48,79, (b) $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ditemukan fasa $\text{Ta}_{0,703}\text{O}_{1,65}$ yang dapat diidentifikasi dengan keberadaan puncak difraksi pada 2θ ($^\circ$): 24,81, fasa $\text{TaO}_{1,6}$ yang dapat diidentifikasi dengan keberadaan puncak difraksi pada 2θ ($^\circ$): 51,71 dan fasa $\text{Sr}_{0,19}\text{Bi}_{0,8}\text{O}_{1,4}$ yang dapat diidentifikasi dengan keberadaan puncak difraksi pada 2θ ($^\circ$): 52,55, (c) $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ditemukan fasa Ta_2O_5 yang dapat diidentifikasi dengan keberadaan puncak difraksi pada 2θ ($^\circ$): 24,69, Bi_4O_7 yang dapat diidentifikasi dengan keberadaan puncak difraksi pada 2θ ($^\circ$): 24,03, dan $\text{TaO}_{1,6}$ yang dapat diidentifikasi dengan keberadaan puncak difraksi pada 2θ ($^\circ$): 27,74; 52,18.

Keberadaan senyawa pengotor mengindikasikan bahwa reaksi yang terjadi belum selesai. Kesulitan dalam pembentukan fasa Aurivillius dengan metode lelehan garam disebabkan jari-jari di kation A (Ca, Sr, Ba) lebih besar dibandingkan Bi^{3+} sehingga dibutuhkan suhu yang lebih tinggi (Zulhajri, dkk., 2013), beberapa peneliti dilaporkan berhasil mensintesis senyawa ini dengan metode reaksi keadaan padatan dengan menggunakan suhu tinggi seperti Li, dkk. (2008) yang menggunakan suhu kalsinasi $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam untuk sampel $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr) dan $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ suhu $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 72 jam.

4.3 Karakterisasi Senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan SEM

Mikrograp senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba) ditampilkan pada Gambar 4.3 dan menunjukkan bahwa partikel $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba) berbentuk *plate-like* dan masih ditemukan partikel yang teraglomerasi. Material berbentuk *plate-like* merupakan ciri khas dari fasa Aurivillius (Zhao, dkk., 2014). Terbentuknya aglomerasi berasal dari pertumbuhan kristal yang relatif cepat daripada pembentukan nukleasi, hal ini akibat dari penggunaan garam tunggal NaCl yang memiliki kelarutan lebih rendah dibandingkan dengan garam campuran (He, 2013).

Morfologi dari masing-masing sampel dianalisis lebih lanjut menggunakan piranti *Image-J* untuk mengetahui ukuran partikel. Ukuran partikel dianalisis dengan piranti *Image-J* yang ditampilkan pada Gambar 4.3. Hasil analisis tersebut dirangkum pada Tabel 4.1 dan rata-rata pertumbuhan partikel $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba) dirangkum pada Tabel 4.2. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa partikel $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba) memiliki rentang ukuran partikel relatif besar yaitu 1-5 μm . Pada perhitungan partikel tidak diperoleh tren pertumbuhan ukuran partikel

karena senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ memiliki ukuran paling kecil dibandingkan dengan senyawa $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dan $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$.

4.4 Karakterisasi Senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) Menggunakan EDS

Karakterisasi senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) menggunakan EDS bertujuan untuk menganalisis kandungan unsur dalam sampel. Hasil analisis EDS ditampilkan pada Gambar 4.4 dan persen berat masing-masing unsur dirangkum pada Tabel 4.3.

Data menunjukkan bahwa unsur-unsur penyusun pada sampel (a) $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ adalah kalsium, bismut, tantalum, dan oksigen, (b) $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$, adalah stronsium, bismut, tantalum, dan oksigen, dan (c) $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ adalah barium, bismut, tantalum, dan oksigen. Dapat diamati bahwa sampel $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) tidak terkontaminasi dengan unsur yang lain.

4.5 Karakterisasi Senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) Menggunakan UV-Vis DRS

Spektra reflektansi senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) ditampilkan pada gambar 4.5 dan dapat dilihat bahwa pergantian kation A mempengaruhi daerah serapan sinar menuju daerah sinar tampak. Panjang gelombang maksimum senyawa $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) dirangkum pada Tabel 4.4. Kemudian, energi celah pita dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk yang ditunjukkan pada persamaan 3.1 dimana (a) $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dan $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ menggunakan metode *direct-gap* sedangkan $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ menggunakan metode *indirect-gap*, yang mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Li, dkk. (2008).

Plot Tauc hasil perhitungan metode Kubelka-Munk ditampilkan pada Gambar 4.6, dan nilai energi celah pita dan Panjang gelombang senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dirangkum pada Tabel 4.4. Data menunjukkan bahwa pergantian kation A dapat menurunkan energi celah pita dan diperoleh tren penurunan seiring dengan penambahan ukuran jari-jari atom (Ca, Sr, Ba). Penurunan energi celah pita $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) juga dilaporkan dalam penelitian Cai, dkk. (2005) yang melaporkan bahwa energi celah pita senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) masing-masing adalah 2,9; 2,7; dan 2,0 eV yang menunjukkan bahwa senyawa tersebut bisa bekerja pada daerah sinar tampak. Pengaruh kation A terhadap energi celah pita telah dilaporkan juga oleh Li, dkk. (2008) yang melaporkan bahwa energi celah pita senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) secara berturut-turut adalah 3,67; 3,64; 3,52 eV. Besaran energi celah pita senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dipengaruhi oleh transisi elektronik dari pita konduksi (CB) orbital $2p$ O dan $6p$ Bi menuju ke pita valensi (VB) orbital $5d$ Ta.

4.6 Uji Aktivitas Fotokatalitik ABT ($A = Ca, Sr, Ba$) Menggunakan Metilen Biru

4.6.1 Pembuatan Kurva Standar Metilen Biru

Pembuatan kurva standar larutan metilen biru dilakukan untuk mengetahui konsentrasi metilen biru yang terukur. Pembuatan kurva standar dilakukan pada konsentrasi 1-8 ppm dan spektrum UV-vis larutan metilen biru ditampilkan pada Gambar 4.7, yang menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum diperoleh sebesar 663,9 nm.

Kemudian dibuat kurva hubungan antara sumbu X (konsentrasi) dengan sumbu Y (absorbansi) yang ditampilkan pada Gambar 4.8 dan diperoleh hasil bahwa

konsentrasi berbanding lurus dengan absorbansi dimana nilai koefisien koreksi (R) diperoleh sebesar 0,9901 yang mengindikasikan kelinieran antara konsentrasi dan absorbansi. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan kurva baku memenuhi hukum Lambert-Beer.

4.6.2 Uji Kestabilan Larutan Metilen Biru

Larutan metilen biru dengan konsentrasi 6 ppm diuji kestabilan untuk memastikan larutan metilen biru tidak terpengaruh oleh faktor lingkungan. Uji kestabilan dilakukan pada daerah tanpa lampu UV dan terpapar sinar UV dengan variasi waktu adalah 0; 20; 40; 60; dan 80 menit untuk memastikan kestabilan larutan metilen biru. Spektrum Uv-Vis uji kestabilan larutan metilen biru ditampilkan pada Gambar 4.9 dan Hasil uji kestabilan metilen biru dirangkum pada Tabel 4.5.

Diperoleh hasil bahwa uji kestabilan larutan metilen biru disetiap variasi waktu mulai dari 0; 20; 40; 60; dan 80 menit memiliki nilai konsentrasi yang relatif konstan. Hal ini menunjukkan bahwa larutan metilen biru tidak terpengaruh oleh suhu ruang dan paparan sinar UV.

4.6.3 Uji Adsorpsi-Desorpsi Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Terhadap Metilen Biru

Uji kesetimbangan adsorpsi-desorpsi senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) menggunakan katalis sebesar 0,1 gr dengan konsentrasi larutan metilen biru 6 ppm dan diuji selama 30 menit tanpa paparan sinar UV untuk memastikan kesetimbangan adsorpsi-desorpsi (Andronic, dkk., 2020). Spektrum Uv-Vis uji adsorpsi-desorpsi ditampilkan pada Gambar 4.10 dan Hasil uji adsorpsi-desorpsi

dirangkum pada Tabel 4.6. Hasil menunjukkan bahwa nilai penurunan masing-masing senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) secara berurutan adalah 6,7; 17,9; dan 6,8 % dan sampel SBT memiliki penurunan konsentrasi yang paling besar. Penurunan konsentrasi ini mengindikasikan bahwa senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) memiliki kemampuan menyerap (adsorpsi) larutan metilen biru.

4.6.4 Uji Degradasi Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) Terhadap Metilen Biru

Uji degradasi metilen biru terhadap senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dilakukan untuk mengetahui aktivitas fotokatalitik. Uji dilakukan dengan cara mencampurkan larutan metilen biru konsentrasi 6 ppm dan katalis sebesar 0,1 gr. Pada setiap sampel dilakukan uji adsorpsi-desorpsi selama 30 menit, kemudian diuji pada variasi waktu 20; 40; 60; dan 80 menit dengan bantuan sinar UV. Hasil uji degradasi metilen biru dan spektrum Uv-Vis senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) ditampilkan pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.

Berdasarkan Gambar 4.11 dan 4.12 menyatakan bahwa penurunan degradasi mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu uji. Sampel $SrBi_2Ta_2O_9$ memiliki degradasi tertinggi sebesar 24,2 % yang disebabkan oleh bentuk morfologi seragam dan ukuran partikel kecil dibandingkan dengan $CaBi_2Ta_2O_9$ dan $BaBi_2Ta_2O_9$. Sedangkan $BaBi_2Ta_2O_9$ dengan energi celah pita terkecil memiliki aktivitas fotokatalitik rendah sebesar 15,99 % yang disebabkan oleh laju rekombinan yang besar akibat dari energi celah pita kecil. Diketahui bahwa aktivitas fotokatalitik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: (a) Energi celah pita yang cenderung kecil diduga memiliki kemungkinan proses rekombinasi berjalan lebih cepat yang berakibat pada aktivitas fotokatalitiknya rendah. Liu, dkk.

(2016) memodifikasi senyawa Bi_2WO_6 dengan celah pita 2,85 eV menjadi material *heterojunction* sehingga mampu mendegradasi larutan Rhodamin B hingga 94,1% selama 80 menit. Sedangkan didalam penelitian ini hanya diuji material $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) tanpa dimodifikasi. (b) ukuran partikel yang lebih rendah meningkatkan luas permukaan dan situs aktif permukaan dimana reaksi fotokatalitik terjadi pada permukaan (Dodd, dkk., 2006, Xu, dkk., 1999, dan Li, dkk., 2020) (c.) material yang terbentuk aglomerasi mempengaruhi sifat optik sehingga secara langsung mempengaruhi aktivitas fotokatalitik (Degabriel, dkk., 2018), sedangkan menurut Pellegrino, dkk. (2017) menyatakan bahwa aglomerasi membatasi efek penetrasi radiasi kedalam material sehingga menyebabkan menurunkan aktivitas fotokatalitik.

Al-Quran telah menjelaskan bahwa kerusakan alam yang telah terjadi akibat dari ulah manusia sebagaimana firman Allah Swt. melalui surat Ar Rum ayat 41 berikut:

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

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena 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).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa telah terjadi kerusakan baik di darat maupun dilaut yang disebabkan oleh tangan-tangan manusia. Beberapa ulama mengaitkan kata *fasad* dengan kata *barri* dan *bahri* yang berarti sebagai kerusakan lingkungan yang tampak secara langsung. Kerusakan yang dimaksud juga merujuk pada hilangnya keseimbangan yang mengakibatkan bencana (Shihab, 2002). Salah satu bentuk rusaknya alam yaitu tercemarnya sumber air yang diakibatkan oleh

limbah zat warna. Salah satu usaha untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan mensintesis material fotokatalis berbasis Aurivillius lapis dua $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) yang memiliki fungsi salah satunya untuk mendegradasi limbah zat warna dengan bantuan sinar matahari sehingga dihasilkan produk akhir yaitu H_2O dan CO_2 . Metode fotokatalis merupakan salah satu upaya manusia untuk memperbaiki kerusakan alam yang disebabkan oleh manusia yang disebutkan dalam QS Ar Rum:41. Allah Swt. Berfirman dalam al-Quran surat ali Imran ayat 190 sampai 191 berikut:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ۗ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا
سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya:

190. “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal,*”
191. “*(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.”*”

Shihab (2002) dalam Tafsir Al-Mishbah menjelaskan ulul albab adalah orang-orang yang memiliki akal yang murni, yang tidak diselubungi oleh kabut ide yang dapat melahirkan kerancuan dalam berpikir. Yang merenungkan tentang fenomena alam raya akan dapat sampai kepada bukti yang sangat nyata tentang keesaan dan kekuasaan Allah. Akal memiliki kebebasan seluas-luasnya untuk memikirkan fenomena alam. Orang-orang yang berfikir menggunakan akalnya juga bisa mencegah kerusakan alam yang disebabkan oleh tangan manusia. Salah satu contoh representasi ayat tersebut adalah sintesis senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr,$

Ba) menggunakan metode lelehan garam. Yang salah satu fungsinya sebagai material fotokatalis yang dapat digunakan sebagai pendegradasi limbah zat warna.

Sintesis material fotokatalis berbasis Aurivillius lapis dua merupakan salah satu bentuk pengamalan dari pengetahuan yang telah didapat sehingga kerusakan alam yang telah terjadi bisa diperbaiki. Perbuatan memperbaiki sesuatu menjadi lebih baik, merupakan amal shaleh yang dianjurkan dalam islam, sesuai dengan Q.S Al-Ashr (103) ayat 3 berikut:

إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ وَتَوَّاصُوا بِالْحَقِّ ۗ وَتَوَّاصُوا بِالصَّبْرِ ۚ

“kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan kebajikan serta saling menasihati untuk kebenaran dan saling menasihati untuk kesabaran.”

Menurut Shihab (2002) kata *‘amal/pekerjaan*, digunakan oleh al-Qur’an untuk menggambarkan penggunaan daya manusia (daya pikir, fisik, kalbu, dan daya hidup) yang dilakukan dengan sadar oleh manusia. Kata shalih diartikan sebagai *bermanfaat*. Amal shaleh adalah pekerjaan yang apabila dikerjakan diperoleh manfaat dan kesesuaian. Amal saleh adalah segala perbuatan yang berguna bagi pribadi, keluarga, kelompok dan manusia secara keseluruhan. Apabila ada suatu nilai yang tidak terpenuhi, maka manusia dituntut agar membawa nilai yang hilang itu dan ‘memasang’-nya kembali agar dapat berfungsi. Ketika itu, manusia tersebut dinamakan telah melakukan *ishlah*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) telah berhasil disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal NaCl, namun ditemukan adanya pengotor pada sampel (a) $CaBi_2Ta_2O_9$ berupa fasa $CaBi_2O_4$, (b) $SrBi_2Ta_2O_9$ berupa fasa $Ta_{0,703}O_{1,65}$; $TaO_{1,6}$; $Sr_{0,19}Bi_{0,8}O_{1,4}$, dan (c) $BaBi_2Ta_2O_9$ berupa fasa Ta_2O_5 ; Bi_4O_7 ; $TaO_{1,6}$.
- b. Morfologi partikel yang terbentuk adalah *plate-like* dengan rentang ukuran partikel 1-5 μm dan masih ditemukan aglomerasi dengan unsur yang terkandung yaitu Ca, Sr, Ba, Bi, Ta, dan O.
- c. Nilai energi celah pita senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) secara berurutan adalah 3,51; 3,21; 2,44 eV.
- d. Kemampuan aktivitas fotokatalis $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dalam mendegradasi metilen biru secara berurutan adalah 14,44; 24,23; 15,99 % selama 80 menit. Rendahnya aktivitas fotokatalis disebabkan oleh energi celah pita yang cenderung kecil, ukuran partikel yang relative besar, dan masih ditemukan aglomerasi.

5.2 Saran

- a. Perlu dilakukan sintesis menggunakan metode lelehan garam campuran untuk mengetahui terbentuknya aglomerasi pada partikel.
- b. Perlu dilakukan perlakuan sentrifugasi pada perlakuan uji aktivitas fotokatalitik sebelum dilakukan perhitungan absorbansi dengan spektrofotometri UV-Vis
- c. Perlu dilakukan ulangan pada perlakuan uji aktivitas fotokatalitik agar didapatkan data yang lebih akurat.
- d. Perlu dilakukan modifikasi senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) untuk mendapatkan aktivitas fotokatalitik optimum.
- e. Perlu dilakukan karakterisasi menggunakan *photoluminescence* untuk mengetahui laju rekombinan elektron-*hole* pada senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$).

DAFTAR PUSTAKA

- Abrams, B.L., dan Vesborg, P.C.K. Remediation—Examples in Photo- and Heterogeneous Catalysis. *Catalysis for Remediation and Environmental Concerns*, 63-85.
- Andronic, Luminita., Isac, Luminita., Cazan, Cristina., dan Enesca, Alexandru. 2020. Simultaneous Adsorption and Photocatalysis Processes Based on Ternary $\text{TiO}_2\text{-Cu}_x\text{S}$ -Fly Ash Hetero-Structures. *Applied Science*, 10: 1-16.
- Cai, Meng-Qiu., Yin, Zhen., dan Zhang, Ming-Sheng. 2005. Electronic Structures and Ferroelectric Properties of $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, and Ba}$). *Solid State Communications*, 133: 663–66.
- Chen, Wei., Chen, Xiaoping., Yang, Yu., Yuan, Jian., dan Shangguan, Wenfeng. 2014. Synthesis and Performance of Layered Perovskite-Type $\text{H-ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba, K}_{0.5}\text{La}_{0.5}$) for Photocatalytic Water Splitting. *International Journal of Hydrogen Energy*, 39: 13468–73.
- Degabriel, Thomas., Colaço, Elodie., Domingos, Rute F., El Kirat, Karim., Brouri, Dalil., Casale, Sandra., Landoulsi, Jessem., dan Spadavecchia, Jolanda. 2018. Factors Impacting the Aggregation/Agglomeration and the Photocatalytic Activity of Highly Crystalline Spheroid- And Rod- Shaped TiO_2 Nanoparticles in Aqueous Solutions. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 20: 12898-12907.
- Dodd, A.C., McKinley, A.J., Saunders, M., dan Tsuzuki, T. 2006. Effect of Particle Size on the Photocatalytic Activity of Nanoparticulate Zinc Oxide. *Journal of Nanoparticle Research*, 8: 43-51.
- Dong, Pengyu., Xi, Xinguo., dan Hou, Guihua. 2016. Typical Non- TiO_2 -Based Visible-Light Photocatalysts. In *Semiconductor Photocatalysis-Materials, Mechanisms and Applications*.
- García-Guaderrama, M., Fuentes-Montero, L., Rodriguez, A., dan Fuentes, L. 2006. Structural Characterization of $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_2\text{O}_{18}$ Obtained by Molten Salt Synthesis. *Integrated Ferroelectrics*, 83: 41–47.
- He, Hongquan., Yin, Jiao., Li, Yingxuan., Zhang, Ying., Qiu, Hengshan., Xu, Jinbao., Xu, Tao., dan Wang, Chuanyi. 2014. Size Controllable Synthesis of Single-Crystal Ferroelectric $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Nanosheet Dominated with $\{0\ 0\ 1\}$ Facets toward Enhanced Visible-Light-Driven Photocatalytic Activities. *Applied Catalysis B: Environmental*, 156–157: 35–43.

- He, Hanbing., Yao, Changsong., Feng, Xin., dan Lu, Xiaohua. 2013. Morphology-Controlled Synthesis of Sodium Hexa-Titanate Nanowhiskers by Changing Evaporation Rate of NaCl–KCl Molten Salts. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(43): 15034-15040.
- He, Rongan., Xu, Difa., Cheng, Bei., Yu, Jiaguo., dan Ho, Wingkei. 2018. Review on Nanoscale Bi-Based Photocatalysts. *Nanoscale Horizons*, 3: 464–504.
- Hur, Su Gil., Kim, Tae Woo., Hwang, Seong-Ju., dan Choy, Jin-Ho. 2006. Influences of A- and B-Site Cations on the Physicochemical Properties of Perovskite-Structured $A(\text{In}_{1/3}\text{Nb}_{1/3}\text{B}_{1/3})\text{O}_3$ ($A = \text{Sr}, \text{Ba}$; $B = \text{Sn}, \text{Pb}$) Photocatalysts. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 183: 176–181.
- Kimura, Toshio. 2011. Molten Salt Synthesis of Ceramic Powders. *In Advances in Ceramics-Synthesis and Characterization, Processing and Specific Applications*.
- Khan, Mohammad Mansoob., Adil, Syed Farooq, dan Al-Mayouf, Abdullah. Metal oxides as photocatalysts. *Journal of Saudi Chemical Society*, 19(5): 462-464.
- Kuchibhotla, Aditya., Banerjee, Debjyoti., dan Dhir, Vijay. 2020. Forced Convection Heat Transfer of Molten Salts: A Review. *Nuclear Engineering and Design*, 362: 110591.
- Kumar, Sandeep., Ahlawat, Wandit., Bhanjana, Gaurav., Heydarifard, Solmaz., Nazhad, Mousa M., dan Dilbaghi, Neeraj. 2014. Nanotechnology-Based Water Treatment Strategies. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 14: 1838-1858.
- Li, Danqi., Song, Hongchen., Meng, Xia., Shen, Tingting., Sun, Jing., Han, Wenjia., dan Wang Xikui. 2020. Effects of Particle Size on the Structure and Photocatalytic Performance by Alkali-Treated TiO_2 . *Nanomaterials*, 10: 1-14.
- Li, Yingxuan., Chen, Gang., Zhang, Hongjie., Li, Zhonghua., dan Sun, Jingxue. 2008. Electronic Structure and Photocatalytic Properties of $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$). *Journal of Solid State Chemistry*, 181(10): 2653–2659.
- Li, Yingxuan., Chen, Gang., Zhang, Hongjie., dan Lv, Zushun. 2010. Band Structure and Photocatalytic Activities for H_2 Production of $\text{ABi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$). *International Journal of Hydrogen Energy*, 35: 2652–2656.
- Liu, Yumin., Cao, Yafei., Lv, Hua., Li, Shuang., dan Zhang, Han. 2017. Construction of a 2D Nanoplate-Like $\text{MoS}_2/\text{Bi}_2\text{WO}_6$ Heterojunction with

- Enhanced Visible-Light Photocatalytic Activities. *Materials Letters*, 188: 99-102.
- Lu, Yuting., Pu, Yinfu., Wang, Jing., Qin, Chuangxiang., Chen, Cuili., dan Seo, Hyo Jin. 2015. On Structure and Methylene Blue Degradation Activity of an Aurivillius-Type Photocatalyst of $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ Nanoparticles. *Applied Surface Science*, 347: 719–726.
- Macquart, René., Kennedy, Brendan J., dan Shimakawa, Yuichi. 2001. Cation Disorder in the Ferroelectric Oxides $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$, $A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$. *Journal of Solid State Chemistry*, 160: 174–177.
- Moure, Alberto. 2018. Review and Perspectives of Aurivillius Structures as a Lead-Free Piezoelectric System. *Applied Sciences*, 8: 62.
- Pellegrino, Francesco., Pelluti`e, Letizia., Sordello, Fabrizio., Minero, Claudio., Ortel, Erik., Hodoroaba, Vasile-Dan., dan Maurino, Valter. 2017. Influence of Agglomeration and Aggregation on the Photocatalytic Activity of TiO_2 Nanoparticles. *Applied Catalysis B: Environmental*: 216: 80-87.
- Radziuk, Darya., dan Möhwald, Helmuth. 2016. Ultrasonically Treated Liquid Interfaces for Progress in Cleaning and Separation Processes. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 18: 21–46.
- Senthil, V., Badapanda, T., Chithambararaj, A., Bose, A. Chandra., dan Panigrahi, S. 2016. Impedance Spectroscopy and Photocatalysis Water Splitting for Hydrogen Production with Cerium Modified $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ Ferroelectrics. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41: 22856–22865.
- Senthil, V., dan Panigrahi, S. 2019. Dielectric, Ferroelectric, Impedance and Photocatalytic Water Splitting Study of Y^{3+} Modified $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ Ferroelectrics. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44: 18058–18071.
- Shihab, M. Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah Volume: Pesan, Kesan, dan Keserasian al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati
- Wang, Yunjian., Zhan, Feiyang., Cao, Jing., dan Liu, Mingzhu. 2017. Influence of Chemical Composition on the Photoluminescent and Photocatalytic Properties of Novel Molten Salt Synthesized $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Bi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9:\text{Eu}^{3+}$ Nanosheets. *Journal of Alloys and Compounds*, 710: 234–243.
- Wendari, Tio Putra., Arief, Syukri., Mufti, Nandang., Suendo, Veinardi., Prasetyo, Anton., Ismunandar., Baas, Jacob., Blake, Graeme R., dan Zulhadjri. 2019. Synthesis, Structural Analysis and Dielectric Properties of the Double-

Layer Aurivillius Compound $\text{Pb}_{1-2x}\text{Bi}_{1,5+2x}\text{La}_{0,5}\text{Nb}_{2-x}\text{MnO}_9$. *Ceramics International*, 45: 17276–17282.

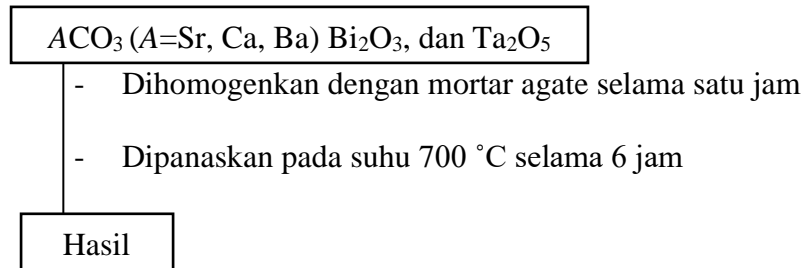
- Wu, Weiming., Liang, Shijing., Wang, Xiaowei., Bi, Jinhong., Liu, Ping., dan Wu, Ling. 2011. Synthesis, Structures and Photocatalytic Activities of Microcrystalline $\text{ABi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Sr}, \text{Ba}$) Powders. *Journal of Solid State Chemistry*, 184: 81–88.
- Xu, Nanping., Shi, Zaifeng., Fan, Yiqun., Dong, Junhang., Shi, Jun., dan Hu, Michael Z. C. 1999. Effects of Particle Size of TiO_2 on Photocatalytic Degradation of Methylene Blue in Aqueous Suspensions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 38: 373-379.
- 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: 914–30.
- Zhang, Chuan., dan Zhu, Yongfa. 2005. Synthesis of Square Bi_2WO_6 Nanoplates as High-Activity Visible-Light-Driven Photocatalysts. *Chemistry of Materials*, 17: 3537–3545.
- Zhang, Jinlong., Tian, Baozhu., Wang, Lingzhi., Xing, Mingyang dan Lei, Juying. 2018. *Photocatalysis: Fundamentals, Materials and Applications*. Vol. 100. Lecture Notes in Chemistry. Singapore: Springer Singapore.
- Zhang, Lisha., Wang, Wenzhong., Zhou, Lin., dan Xu, Haolan. 2007. Bi_2WO_6 Nano and Microstructures: Shape Control and Associated Visible-Light-Driven Photocatalytic Activities. *Small*, 3: 1618–1625.
- Zhang, Yifeng., Yuan, Jing., Gong, Huihua., Cao, Yue., Liu, Kewei., Cao, Hongmei., Yan, Hongjian., dan Zhu, Jianguo. 2018. (001) Facets Exposed Plane-like $\text{ABi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$) Powders with Single Crystal Grain for Enhancement of Photocatalytic Activity, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 44: 1-43.
- Zhang, Yunfan., dan Sillanpää, Mika. 2020. Modification of Photocatalyst with Enhanced Photocatalytic Activity for Water Treatment. In *Advanced Water Treatment*, 289–366.
- Zhao, Zhihao., Li, Xiaolei., Ji Huiming., dan Deng, Minyang. 2014. Formation Mechanism of Plate-Like $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Particles in Molten Salt Fluxes. *Integrated Ferroelectrics: An International Journal*, 154: 154-158.

- Zhong, Yifan., Sun, Pengfei., Gao, Xiao., Liu, Qing., Huang, Sisi., Liu, Bitao., Deng, Bin., dan Yu, Ruijin. 2019. Synthesis and Optical Properties of New Red-Emitting $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9:\text{Eu}^{3+}$ Phosphor Application for w-LEDs Commercially Based on InGaN. *Journal of Luminescence*, 212: 45–51.
- Zhu, Dandan., dan Zhou, Qixing. 2019. Action and Mechanism of Semiconductor Photocatalysis on Degradation of Organic Pollutants in Water Treatment: A Review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 12: 100255.
- Zhu, Shasha., dan Wang, Dunwei. 2017. Photocatalysis: Basic Principles, Diverse Forms of Implementations and Emerging Scientific Opportunities. *Advanced Energy Materials*, 7: 1700841.
- Zulhajri., Afni, Sabri Ella., dan Arief, Syukri. Sintesis Senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ yang Didoping Kation La^{3+} dengan Metode Lelehan Garam. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 489-494.

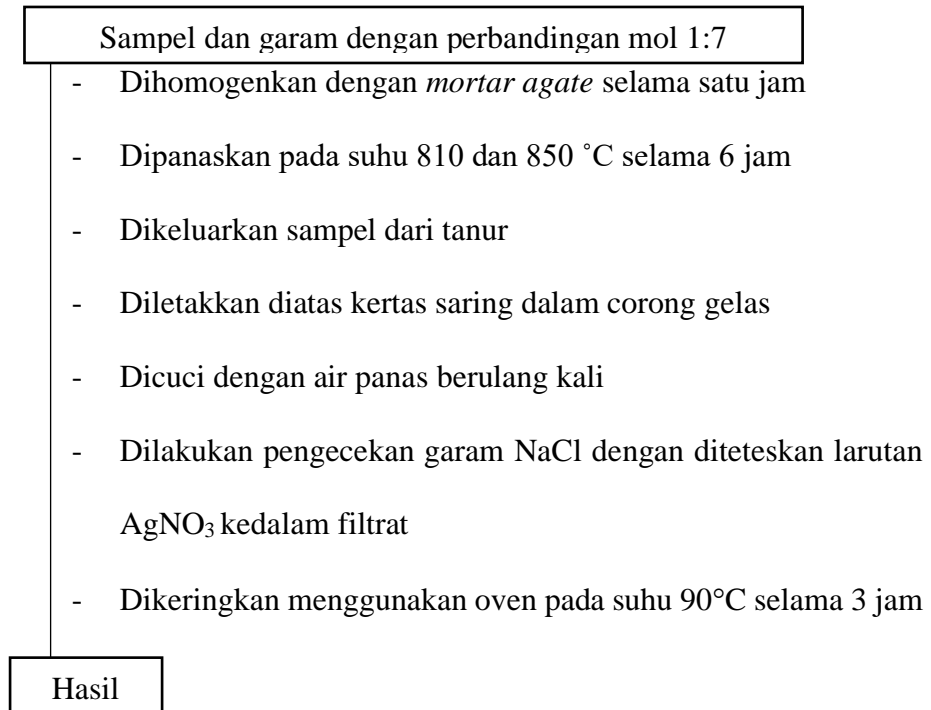
LAMPIRAN

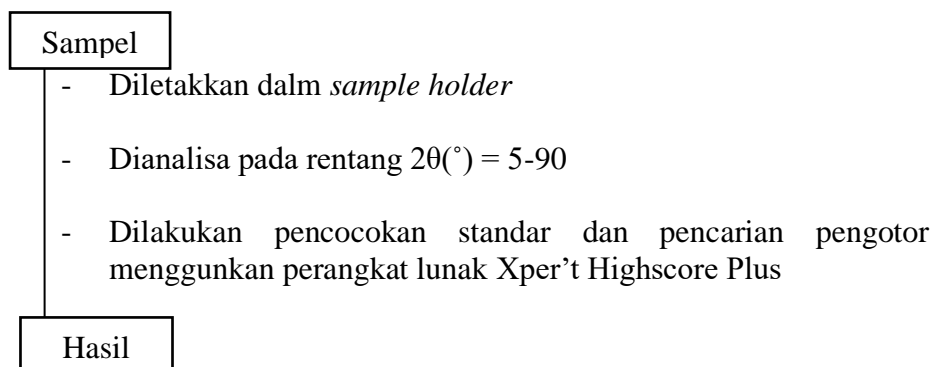
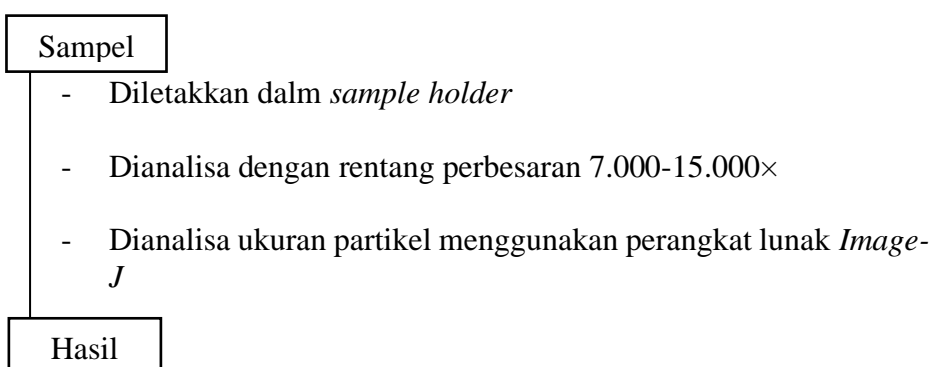
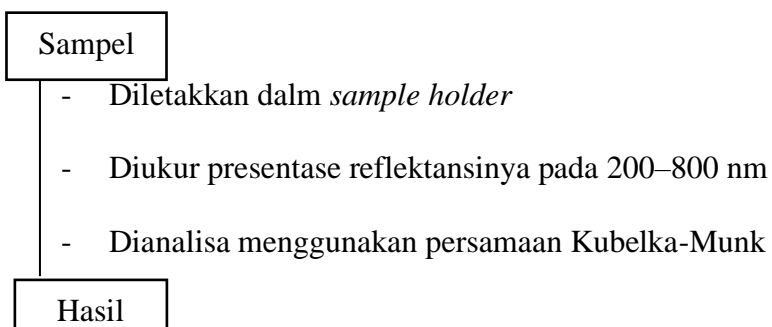
Lampiran 1. Diagram Alir

L.1.1 Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal



L.1.2 Sintesis ABT (A= Ca, Sr, Ba) dengan metode lelehan garam



L.1.3 Karakterisasi dan Analisis ABT (A= Ca, Sr, Ba) menggunakan Instrumen XRD**L.1.4 Karakterisasi dan Analisis ABT (A= Ca, Sr, Ba) menggunakan Instrumen SEM****L.1.5 Karakterisasi dan Analisis ABT (A= Ca, Sr, Ba) menggunakan UV-Vis DRS**

L.1.6 Uji Aktivitas Fotokatalitik

a. Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru 1000 ppm

0,5 g MB

- Dilarutkan dengan aquades dalam labu ukur 500 ml
- Dimasukan kedalam botol kaca gelap
- Disimpan dalam reaktor fotokatalis.

Larutan induk MB 1000 ppm

b. Pembuatan Kurva Standar untuk Spektroskopi UV-Vis

100 mL MB dengan konsentrasi 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; dan 8 ppm

- Diukur absorbansinya dengan spektroskopi UV-Vis

Hasil

c. Pembuatan Uji Kestabilan di Daerah Gelap Larutan Metilen Biru

10 mL MB 6 ppm

- Diletakkan di dalam fotoreaktor
- Diuji selama 0; 20; 40; 60; dan 80 menit tanpa sinar UV
- Diukur absorbansinya dengan spektroskopi UV-Vis

Hasil

d. Pembuatan Uji Kestabilan Terpapar Sinar UV Larutan Metilen Biru

10 mL MB 6 ppm

- Diletakkan di dalam fotoreaktor
- Diuji selama 0; 20; 40; 60; dan 80 menit dengan sinar UV
- Diukur absorbansinya dengan spektroskopi UV-Vis

Hasil

e. Uji Kesetimbangan Adsorpsi-Desorpsi ABT (A= Ca, Sr, Ba)

100 mL MB 6 ppm

- Diletakkan di dalam fotoreaktor
- Distirer selama 30 menit tanpa sinar UV
- Diukur absorbansinya dengan spektroskopi UV-Vis

Hasil

f. Pengujian Aktivitas Fotokatalitik pada Metilen Biru dengan Reaktor Fotokatalis

100 mL MB 6 ppm + 0,1gram serbuk ABT

- Diletakkan di dalam fotoreaktor
- Distirer
- Diuji adsorpsi-desorpsi selama 30 menit
- Disinari dibawah radiasi sinar UV selama 0; 20; 40; 60; dan 80 menit
- Didiamkan selama 10 menit
- Diukur absorbansinya dengan spektroskopi UV-Vis

Hasil

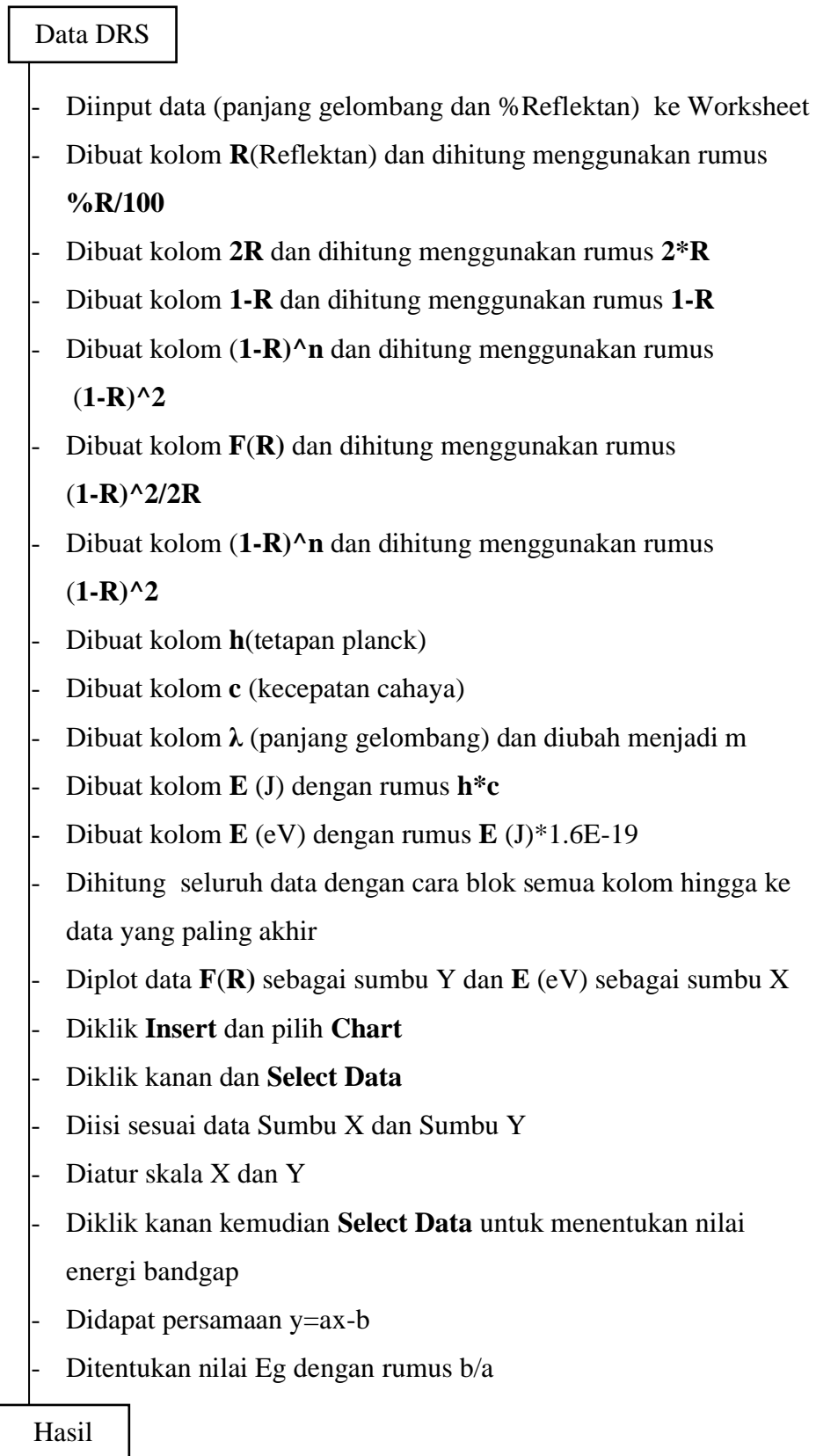
L.1.7. Tahapan analisis menentukan Ukuran Partikel menggunakan aplikasi *Image J*

Aplikasi *Image J*

- Diklik **File**, kemudian klik **Open**
- Diklik file yang akan di ukur partikelnya dan akan muncul dua tampilan yaitu gambar SEM dan **toolbar**
- Dikalibrasi skala pada gambar dengan menambahkan garis lurus sepanjang **Scale bar** dengan diklik **icon straight** pada **tool bar**
- Diklik **Analyze**, kemudian diklik **Set Scale**
- Diatur dan disesuaikan dengan informasi yang tertera pada **Scale Bar**
- Dipilih dan perbesar partikel yang akan diatur
- Dibuat garis lurus (**straight**)
- Diklik **Analyze** kemudian **Measure**
- Diperoleh panjang partikel yang ditunjukkan oleh jendela **Result**

Hasil

L.1.8. Tahapan analisis menentukan nilai energy band gap



Lampiran 2. Perhitungan

Diketahui:

- Target massa produk adalah 4 gram
- Perbandingan mol prekursor $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) : NaCl adalah 1:7

$$\text{Mr SrCO}_3 = 147,6289 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr BaCO}_3 = 197,3359 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr CaCO}_3 = 100,0880 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr Ta}_2\text{O}_5 = 441,8960 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr Bi}_2\text{O}_3 = 465,96 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr NaCl} = 58,34 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 = 1001,476 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 = 963,934 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mr BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 = 1061,183 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ar Sr} = 87,62 \text{ g/mol}$$

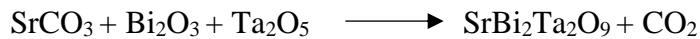
$$\text{Ar Bi} = 208,9804 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ar TA} = 108,947 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ar BA} = 137,327 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ar CA} = 40,078 \text{ g/mol}$$

L.2.1 $SrBi_2Ta_2O_9$



$$\begin{aligned} \text{Mol SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 &= \frac{\text{Massa SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9}{\text{Mr SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \\ &= \frac{4 \text{ gram}}{1001,476 \text{ g/mol}} \\ &= 0,0039941 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa SrCO}_3 &= \frac{\text{Ar Sr}}{\text{Mr SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr SrCO}_3}{\text{Ar Sr}} \times \text{Massa Target} \\
 &= \frac{87,62 \text{ g/mol}}{1001,476 \text{ g/mol}} \times \frac{147,6289 \text{ g/mol}}{87,62 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\
 &= 0,5838 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

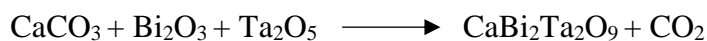
$$\begin{aligned}
 \text{Massa Bi}_2\text{O}_3 &= \frac{\text{Ar Bi}}{\text{Mr SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}} \times \text{Massa Target} \\
 &= \frac{208,9804 \text{ g/mol}}{1001,476 \text{ g/mol}} \times \frac{465,96 \text{ g/mol}}{208,9804 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\
 &= 1,8427 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Ta}_2\text{O}_5 &= \frac{\text{Ar Ta}}{\text{Mr SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr Ta}_2\text{O}_5}{\text{Ar Ta}} \times \text{Massa Target} \\
 &= \frac{108,947 \text{ g/mol}}{1001,476 \text{ g/mol}} \times \frac{441,8960 \text{ g/mol}}{108,947 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\
 &= 1,7475 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 \\
 &= 7 \times 0,0039941 \text{ mol} \\
 &= 0,0279587 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\
 &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0279587 \text{ mol} \\
 &= 1,6178 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

L.2.2 CaBi₂Ta₂O₉



$$\begin{aligned} \text{Mol CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 &= \frac{\text{Massa CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9}{\text{Mr CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \\ &= \frac{4 \text{ gram}}{963,934 \text{ g/mol}} \\ &= 0,004149 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa CaCO}_3 &= \frac{\text{Ar Ca}}{\text{Mr CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr CaCO}_3}{\text{Ar Ca}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{40,078 \text{ g/mol}}{963,934 \text{ g/mol}} \times \frac{100,0880 \text{ g/mol}}{40,078 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\ &= 0,4153 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Bi}_2\text{O}_3 &= \frac{\text{Ar Bi}}{\text{Mr CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{208,9804 \text{ g/mol}}{963,934 \text{ g/mol}} \times \frac{465,96 \text{ g/mol}}{208,9804 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\ &= 1,9336 \text{ gram} \end{aligned}$$

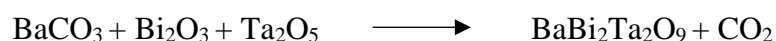
$$\begin{aligned} \text{Massa Ta}_2\text{O}_5 &= \frac{\text{Ar Ta}}{\text{Mr CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr Ta}_2\text{O}_5}{\text{Ar Ta}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{108,947 \text{ g/mol}}{963,934 \text{ g/mol}} \times \frac{441,8960 \text{ g/mol}}{108,947 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\ &= 1,8337 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 \\ &= 7 \times 0,004149 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$= 0,029043 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,029043 \text{ mol} \\ &= 1,6976 \text{ gram} \end{aligned}$$

L.2.3 BaBi₂Ta₂O₉



$$\begin{aligned} \text{Mol BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 &= \frac{\text{Massa BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9}{\text{Mr BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \\ &= \frac{4 \text{ gram}}{1061,183 \text{ g/mol}} \\ &= 0,003769 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa BaCO}_3 &= \frac{\text{Ar Ba}}{\text{Mr BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr BaCO}_3}{\text{Ar Ba}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{137,327 \text{ g/mol}}{1061,183 \text{ g/mol}} \times \frac{197,3359 \text{ g/mol}}{137,327 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\ &= 0,7438 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Bi}_2\text{O}_3 &= \frac{\text{Ar Bi}}{\text{Mr BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{208,9804 \text{ g/mol}}{1061,183 \text{ g/mol}} \times \frac{465,96 \text{ g/mol}}{208,9804 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\ &= 1,7564 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Ta}_2\text{O}_5 &= \frac{\text{Ar Ta}}{\text{Mr BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9} \times \frac{\text{Mr Ta}_2\text{O}_5}{\text{Ar Ta}} \times \text{Massa Target} \\ &= \frac{108,947 \text{ g/mol}}{1061,183 \text{ g/mol}} \times \frac{441,8960 \text{ g/mol}}{108,947 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram} \\ &= 1,6657 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9 \\ &= 7 \times 0,003769 \text{ mol} \\ &= 0,026383 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,026383 \text{ mol} \\ &= 1,6976 \text{ gram} \end{aligned}$$

Lampiran 3. Data XRD $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba)

L. 3.1 Standar JCPDS No. 490608

Name and formula

| | |
|--------------------|-------------------------------|
| Reference code: | 00-049-0608 |
| Compound name: | Calcium Bismuth Niobium Oxide |
| Empirical formula: | $Bi_2CaNb_2O_9$ |
| Chemical formula: | $CaBi_2Nb_2O_9$ |

Crystallographic parameters

| | |
|---|--------------|
| Crystal system: | Orthorhombic |
| Space group: | A21am |
| Space group number: | 36 |
| a (Å): | 5.4827 |
| b (Å): | 5.4415 |
| c (Å): | 24.8974 |
| Alpha (°): | 90.0000 |
| Beta (°): | 90.0000 |
| Gamma (°): | 90.0000 |
| Volume of cell (10^6 pm^3): | 742.79 |
| Z: | 4.00 |
| RIR: | - |

Subfiles and Quality

| | |
|-----------|------------------------|
| Subfiles: | Corrosion Inorganic |
| Quality: | Star (S) |

Comments

| | |
|---------------------|---|
| Creation Date: | 1/1/1970 |
| Modification Date: | 1/1/1970 |
| Sample Preparation: | Prepared by fusion of binary oxides and carbonates. Data collected in transmission mode. |

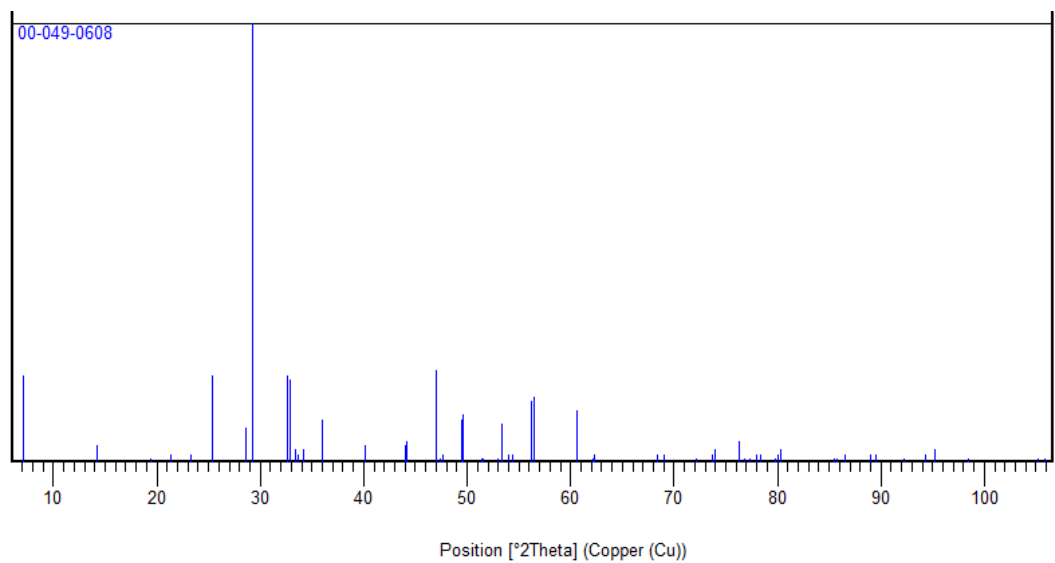
References

| | |
|--------------------|--|
| Primary reference: | Lightfoot, P., Milne, C., Univ. of St. Andrews, Fife, Scotland, UK., <i>ICDD Grant-in-Aid</i> , (1998) |
| Unit cell: | Blake, S. et al., <i>J. Mater. Chem.</i> , 7 , 1609, (1997) |

Peak list

| No. | h | k | l | d [Å] | 2Theta[deg] | I [%] |
|-----|---|---|----|----------|-------------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 2 | 12.46630 | 0.460 | 20.0 |
| 2 | 0 | 0 | 4 | 6.22542 | 0.920 | 4.0 |
| 3 | 0 | 1 | 3 | 4.55795 | 1.257 | 1.0 |
| 4 | 0 | 0 | 6 | 4.14662 | 1.382 | 2.0 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 3.81632 | 1.501 | 2.0 |
| 6 | 1 | 1 | 3 | 3.50372 | 1.635 | 20.0 |
| 7 | 0 | 0 | 8 | 3.11312 | 1.841 | 8.0 |
| 8 | 1 | 1 | 5 | 3.05276 | 1.877 | 100.0 |
| 9 | 2 | 0 | 0 | 2.74299 | 2.089 | 20.0 |
| 10 | 0 | 2 | 0 | 2.72060 | 2.106 | 19.0 |
| 11 | 2 | 0 | 2 | 2.67835 | 2.139 | 3.0 |
| 12 | 0 | 2 | 2 | 2.65705 | 2.156 | 2.0 |
| 13 | 1 | 1 | 7 | 2.61682 | 2.190 | 3.0 |
| 14 | 0 | 0 | 10 | 2.48934 | 2.302 | 10.0 |
| 15 | 1 | 1 | 9 | 2.24768 | 2.549 | 4.0 |
| 16 | 2 | 0 | 8 | 2.05655 | 2.786 | 4.0 |
| 17 | 0 | 2 | 8 | 2.04704 | 2.799 | 5.0 |
| 18 | 2 | 2 | 0 | 1.93046 | 2.968 | 21.0 |
| 19 | 1 | 2 | 8 | 1.91892 | 2.986 | 1.0 |
| 20 | 2 | 2 | 2 | 1.90746 | 3.004 | 2.0 |
| 21 | 2 | 0 | 10 | 1.84280 | 3.110 | 10.0 |
| 22 | 0 | 2 | 10 | 1.83556 | 3.122 | 11.0 |
| 23 | 0 | 0 | 14 | 1.77752 | 3.224 | 1.0 |
| 24 | 0 | 3 | 3 | 1.77081 | 3.236 | 1.0 |
| 25 | 3 | 1 | 1 | 1.72856 | 3.315 | 1.0 |
| 26 | 1 | 1 | 13 | 1.71522 | 3.341 | 9.0 |
| 27 | 3 | 1 | 3 | 1.69582 | 3.379 | 2.0 |
| 28 | 1 | 3 | 3 | 1.68532 | 3.400 | 2.0 |
| 29 | 3 | 1 | 5 | 1.63604 | 3.503 | 14.0 |
| 30 | 1 | 3 | 5 | 1.62682 | 3.523 | 15.0 |
| 31 | 2 | 2 | 10 | 1.52523 | 3.757 | 12.0 |
| 32 | 2 | 0 | 14 | 1.49216 | 3.841 | 1.0 |
| 33 | 2 | 3 | 3 | 1.48774 | 3.852 | 2.0 |
| 34 | 4 | 0 | 0 | 1.37102 | 4.180 | 2.0 |
| 35 | 0 | 4 | 0 | 1.35987 | 4.214 | 2.0 |
| 36 | 2 | 2 | 14 | 1.30809 | 4.381 | 1.0 |
| 37 | 3 | 1 | 13 | 1.28451 | 4.462 | 2.0 |
| 38 | 1 | 3 | 13 | 1.28018 | 4.477 | 3.0 |
| 39 | 0 | 4 | 8 | 1.24633 | 4.598 | 5.0 |
| 40 | 1 | 1 | 19 | 1.24077 | 4.619 | 1.0 |
| 41 | 0 | 2 | 18 | 1.23335 | 4.647 | 1.0 |
| 42 | 0 | 3 | 15 | 1.22429 | 4.681 | 2.0 |
| 43 | 2 | 4 | 0 | 1.21851 | 4.703 | 2.0 |
| 44 | 4 | 2 | 4 | 1.20106 | 4.772 | 1.0 |
| 45 | 3 | 1 | 15 | 1.19846 | 4.782 | 2.0 |
| 46 | 1 | 3 | 15 | 1.19462 | 4.798 | 3.0 |
| 47 | 2 | 4 | 8 | 1.13444 | 5.052 | 1.0 |
| 48 | 0 | 2 | 20 | 1.13232 | 5.062 | 1.0 |
| 49 | 2 | 2 | 18 | 1.12450 | 5.097 | 2.0 |
| 50 | 4 | 2 | 10 | 1.09874 | 5.216 | 2.0 |
| 51 | 2 | 4 | 10 | 1.09439 | 5.237 | 2.0 |
| 52 | 3 | 3 | 13 | 1.06820 | 5.366 | 1.0 |
| 53 | 2 | 4 | 12 | 1.05111 | 5.453 | 2.0 |
| 54 | 1 | 3 | 19 | 1.04281 | 5.496 | 3.0 |

| | | | | | | |
|----|---|---|----|---------|-------|-----|
| 55 | 3 | 3 | 15 | 1.01731 | 5.634 | 1.0 |
| 56 | 0 | 2 | 24 | 0.96938 | 5.913 | 1.0 |
| 57 | 3 | 4 | 12 | 0.96575 | 5.935 | 1.0 |



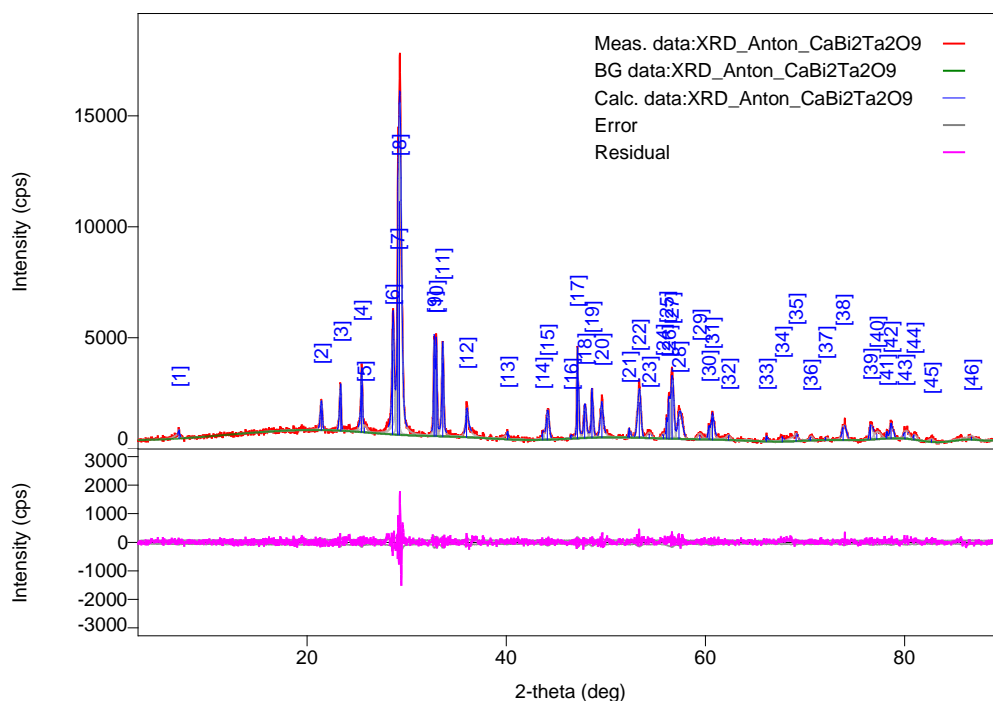
L.3.2 Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD

Peak List

General information

Analysis date 2021/02/09 17:24:48
Sample name Measurement date 2021/02/09 11:41:27
File name XRD_Anton_CaBi2Ta2O9.ras Operator administrator
Comment

Measurement profile



Peak list

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.) | Height(cps) | FWHM(deg) | Int. I(cps deg) | Int. W(deg) | Asym. factor |
|-----|--------------|------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|--------------|
| 1 | 7.140(15) | 12.37(3) | 265(47) | 0.24(4) | 132(10) | 0.50(13) | 3.7(12) |
| 2 | 21.414(15) | 4.146(3) | 914(87) | 0.226(12) | 247(12) | 0.27(4) | 1.2(3) |
| 3 | 23.371(10) | 3.8032(16) | 1486(111) | 0.177(9) | 300(13) | 0.20(2) | 4.1(15) |
| 4 | 25.450(3) | 3.4970(5) | 2104(132) | 0.146(11) | 428(23) | 0.20(2) | 0.8(3) |
| 5 | 25.73(6) | 3.460(8) | 222(43) | 0.58(9) | 179(31) | 0.8(3) | 0.8(3) |
| 6 | 28.572(3) | 3.1216(3) | 3779(177) | 0.196(10) | 1032(36) | 0.27(2) | 0.51(9) |
| 7 | 29.097(4) | 3.0665(4) | 6272(229) | 0.099(18) | 861(171) | 0.14(3) | 0.51(9) |
| 8 | 29.261(8) | 3.0497(9) | 10519(296) | 0.308(10) | 4518(199) | 0.43(3) | 0.51(9) |
| 9 | 32.756(4) | 2.7318(4) | 3501(171) | 0.137(8) | 600(26) | 0.171(16) | 1.4(2) |
| 10 | 32.963(4) | 2.7151(3) | 3508(171) | 0.118(9) | 520(25) | 0.148(14) | 1.4(2) |
| 11 | 33.597(10) | 2.6653(7) | 3292(166) | 0.174(8) | 786(14) | 0.239(16) | 1.2(3) |
| 12 | 35.987(7) | 2.4936(4) | 1019(92) | 0.25(4) | 467(16) | 0.46(6) | 0.5(3) |
| 13 | 40.12(3) | 2.2456(18) | 255(46) | 0.23(7) | 112(10) | 0.44(12) | 4(4) |

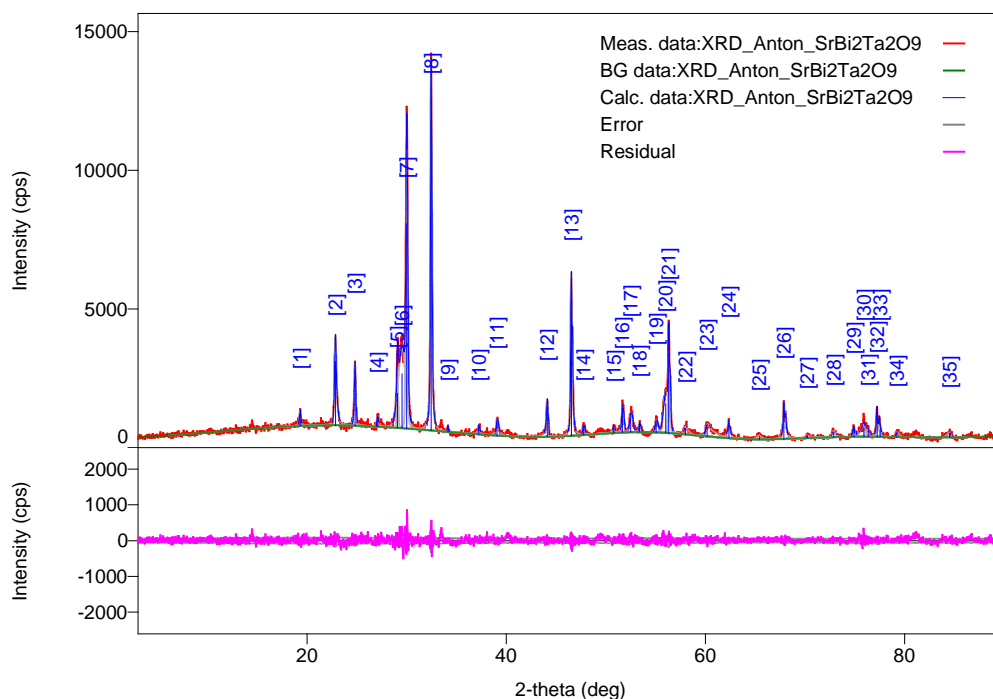
| | | | | | | | |
|----|------------|-------------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|
| 14 | 43.654(13) | 2.0718(6) | 247(45) | 0.13(4) | 43(10) | 0.17(7) | 1.1(3) |
| 15 | 44.12(2) | 2.0509(9) | 976(90) | 0.317(18) | 410(18) | 0.42(6) | 1.1(3) |
| 16 | 46.508(13) | 1.9511(5) | 152(36) | 0.10(4) | 21(6) | 0.14(7) | 3(7) |
| 17 | 47.146(4) | 1.92613(15) | 3843(179) | 0.118(4) | 605(11) | 0.157(10) | 1.4(2) |
| 18 | 47.847(15) | 1.8995(6) | 1216(101) | 0.241(13) | 384(11) | 0.32(3) | 0.8(2) |
| 19 | 48.582(6) | 1.8725(2) | 1980(128) | 0.148(7) | 405(8) | 0.204(18) | 1.01(18) |
| 20 | 49.577(16) | 1.8372(5) | 1187(99) | 0.29(2) | 461(15) | 0.39(4) | 1.8(6) |
| 21 | 52.341(11) | 1.7465(3) | 400(58) | 0.114(19) | 65(8) | 0.16(4) | 2.0(8) |
| 22 | 53.334(15) | 1.7163(4) | 1603(116) | 0.353(11) | 603(18) | 0.38(4) | 1.5(2) |
| 23 | 54.35(3) | 1.6865(9) | 177(38) | 0.47(7) | 88(10) | 0.50(16) | 1.5(2) |
| 24 | 55.76(4) | 1.6473(11) | 170(38) | 0.42(12) | 77(17) | 0.5(2) | 0.69(10) |
| 25 | 56.088(7) | 1.63841(18) | 839(84) | 0.138(15) | 123(17) | 0.15(3) | 0.69(10) |
| 26 | 56.330(7) | 1.6320(2) | 1634(117) | 0.202(19) | 351(27) | 0.22(3) | 0.69(10) |
| 27 | 56.624(8) | 1.6242(2) | 2309(139) | 0.241(11) | 592(26) | 0.26(3) | 0.69(10) |
| 28 | 57.345(19) | 1.6055(5) | 902(87) | 0.510(19) | 490(11) | 0.54(6) | 0.69(10) |
| 29 | 59.41(4) | 1.5544(9) | 190(40) | 0.45(8) | 117(11) | 0.62(19) | 1.4(4) |
| 30 | 60.343(14) | 1.5327(3) | 545(67) | 0.19(3) | 143(16) | 0.26(6) | 1.4(4) |
| 31 | 60.692(13) | 1.5247(3) | 956(89) | 0.22(2) | 282(23) | 0.29(5) | 1.4(4) |
| 32 | 62.30(4) | 1.4892(9) | 175(38) | 0.33(6) | 110(11) | 0.6(2) | 2.6(11) |
| 33 | 66.113(9) | 1.41218(17) | 238(45) | 0.11(3) | 38(6) | 0.16(5) | 0.5(4) |
| 34 | 67.696(17) | 1.3830(3) | 150(35) | 0.16(5) | 43(9) | 0.29(13) | 2.7(15) |
| 35 | 69.10(2) | 1.3582(3) | 268(47) | 0.43(9) | 210(15) | 0.78(19) | 2.7(15) |
| 36 | 70.56(7) | 1.3337(11) | 172(38) | 0.27(7) | 49(10) | 0.29(12) | 0.9(8) |
| 37 | 72.06(3) | 1.3096(4) | 118(31) | 0.20(6) | 25(8) | 0.21(13) | 0.5(8) |
| 38 | 73.798(11) | 1.28296(17) | 538(67) | 0.42(3) | 270(14) | 0.50(9) | 0.5(2) |
| 39 | 76.561(15) | 1.2434(2) | 617(72) | 0.27(3) | 174(21) | 0.28(7) | 0.89(18) |
| 40 | 77.18(4) | 1.2349(6) | 241(45) | 0.73(11) | 187(20) | 0.8(2) | 0.89(18) |
| 41 | 78.207(12) | 1.22130(16) | 316(51) | 0.16(2) | 53(6) | 0.17(5) | 0.89(18) |
| 42 | 78.621(12) | 1.21590(16) | 677(75) | 0.221(16) | 159(8) | 0.23(4) | 0.89(18) |
| 43 | 80.011(17) | 1.1982(2) | 294(49) | 0.48(5) | 150(14) | 0.51(13) | 0.5(2) |
| 44 | 80.931(17) | 1.1869(2) | 229(44) | 0.26(5) | 64(7) | 0.28(9) | 0.5(2) |
| 45 | 82.67(4) | 1.1663(4) | 109(30) | 0.47(12) | 54(13) | 0.5(3) | 2(2) |
| 46 | 86.70(5) | 1.1221(5) | 123(32) | 0.85(17) | 219(19) | 1.8(6) | 2.5(11) |

Peak List

General information

Analysis date 2021/02/09 17:25:32
 Sample name Measurement date 2021/02/09 11:54:53
 File name XRD_Anton_SrBi2Ta2O9.ras Operator administrator
 Comment

Measurement profile



Peak list

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.) | Height(cps) | FWHM(deg) | Int. I(cps deg) | Int. W(deg) | Asym. factor |
|-----|--------------|-------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|--------------|
| 1 | 19.30(3) | 4.596(8) | 422(59) | 0.13(6) | 98(10) | 0.23(6) | 1.4(18) |
| 2 | 22.841(6) | 3.8903(10) | 2310(139) | 0.193(8) | 679(16) | 0.29(2) | 1.65(15) |
| 3 | 24.820(8) | 3.5844(11) | 1604(116) | 0.156(10) | 335(14) | 0.21(2) | 3.3(11) |
| 4 | 27.043(14) | 3.2946(16) | 283(49) | 0.16(6) | 67(10) | 0.24(8) | 0.5(8) |
| 5 | 29.067(5) | 3.0696(6) | 1257(102) | 0.143(14) | 202(18) | 0.16(3) | 1.14(8) |
| 6 | 29.524(17) | 3.0231(17) | 1964(128) | 0.88(3) | 1952(47) | 0.99(9) | 1.14(8) |
| 7 | 29.988(4) | 2.9773(4) | 7399(248) | 0.190(4) | 1584(53) | 0.214(14) | 1.14(8) |
| 8 | 32.443(3) | 2.7575(2) | 11214(306) | 0.122(4) | 2039(19) | 0.182(7) | 1.38(16) |
| 9 | 34.144(7) | 2.6239(6) | 209(42) | 0.045(16) | 18(3) | 0.09(3) | 4(4) |
| 10 | 37.24(2) | 2.4123(15) | 278(48) | 0.12(4) | 66(7) | 0.24(7) | 1.4(19) |
| 11 | 39.07(3) | 2.3034(17) | 485(64) | 0.21(6) | 183(10) | 0.38(7) | 0.8(6) |
| 12 | 44.111(10) | 2.0514(5) | 1100(96) | 0.166(18) | 277(9) | 0.25(3) | 2.1(7) |
| 13 | 46.520(4) | 1.95059(14) | 5377(212) | 0.130(4) | 1049(12) | 0.195(10) | 1.21(16) |

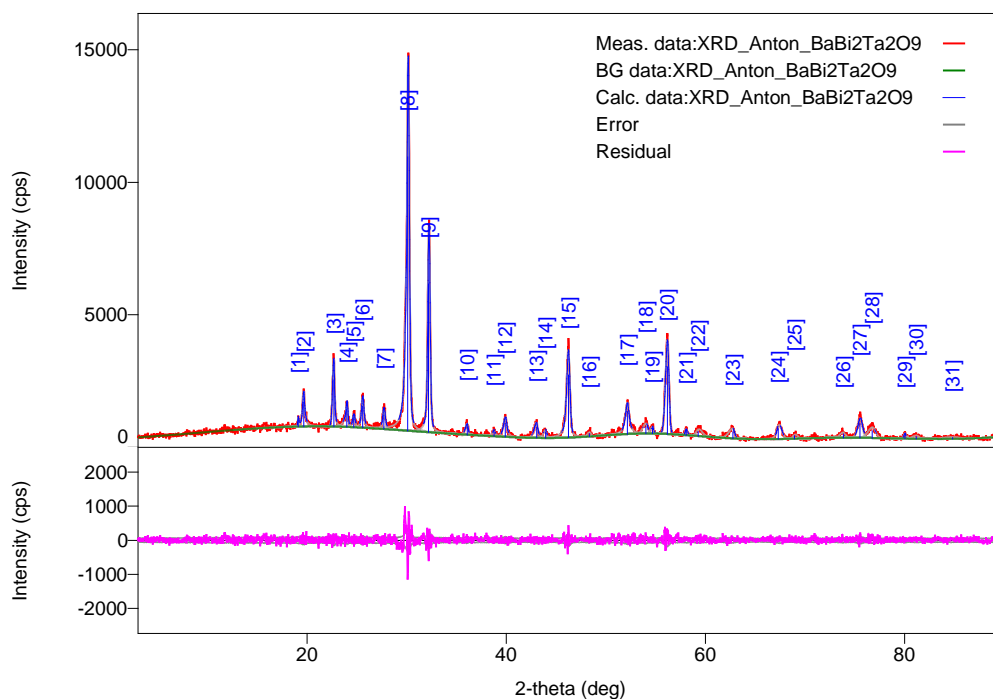
| | | | | | | | |
|----|------------|-------------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|
| 14 | 47.75(5) | 1.9033(17) | 291(49) | 0.19(4) | 64(10) | 0.22(7) | 1.0(9) |
| 15 | 50.780(14) | 1.7965(4) | 215(42) | 0.14(4) | 54(8) | 0.25(9) | 2(4) |
| 16 | 51.648(14) | 1.7683(5) | 860(85) | 0.187(19) | 200(11) | 0.23(4) | 0.8(3) |
| 17 | 52.49(3) | 1.7420(8) | 533(67) | 0.35(3) | 230(11) | 0.43(7) | 0.8(3) |
| 18 | 53.377(14) | 1.7151(4) | 339(53) | 0.14(3) | 59(7) | 0.17(5) | 0.8(3) |
| 19 | 55.043(13) | 1.6670(4) | 344(54) | 0.29(4) | 107(10) | 0.31(8) | 0.93(10) |
| 20 | 56.00(2) | 1.6408(6) | 1060(94) | 0.62(3) | 705(24) | 0.66(8) | 0.93(10) |
| 21 | 56.302(5) | 1.63269(12) | 2908(156) | 0.137(6) | 424(31) | 0.146(18) | 0.93(10) |
| 22 | 58.01(3) | 1.5887(7) | 220(43) | 0.36(8) | 115(12) | 0.53(16) | 1.3(12) |
| 23 | 60.158(16) | 1.5369(4) | 329(52) | 0.58(6) | 333(14) | 1.0(2) | 0.50(18) |
| 24 | 62.333(12) | 1.4884(3) | 535(67) | 0.14(3) | 151(8) | 0.28(5) | 1.7(8) |
| 25 | 65.39(6) | 1.4261(11) | 106(30) | 0.44(8) | 64(10) | 0.6(3) | 2.6(12) |
| 26 | 67.861(8) | 1.38000(14) | 1232(101) | 0.149(13) | 340(8) | 0.28(3) | 1.1(3) |
| 27 | 70.20(5) | 1.3396(9) | 113(31) | 0.20(6) | 27(7) | 0.24(12) | 1.0(12) |
| 28 | 72.86(6) | 1.2971(9) | 194(40) | 0.32(7) | 77(10) | 0.40(13) | 1.7(15) |
| 29 | 74.895(8) | 1.26686(11) | 328(52) | 0.19(2) | 70(6) | 0.21(5) | 5(2) |
| 30 | 75.91(3) | 1.2524(4) | 332(53) | 0.51(4) | 191(27) | 0.58(17) | 5(2) |
| 31 | 76.32(2) | 1.2467(3) | 207(42) | 0.36(14) | 83(26) | 0.4(2) | 5(2) |
| 32 | 77.239(6) | 1.23416(8) | 841(84) | 0.131(8) | 137(7) | 0.16(2) | 4.5(16) |
| 33 | 77.521(17) | 1.2304(2) | 240(45) | 0.52(5) | 140(10) | 0.58(15) | 5(2) |
| 34 | 79.22(5) | 1.2082(6) | 178(39) | 0.25(6) | 50(9) | 0.28(11) | 0.8(7) |
| 35 | 84.50(3) | 1.1456(3) | 141(34) | 0.39(8) | 59(14) | 0.4(2) | 5(6) |

Peak List

General information

Analysis date 2021/02/09 17:23:56
 Sample name Measurement date 2021/02/09 12:06:19
 File name XRD_Anton_BaBi2Ta2O9.ras Operator administrator
 Comment

Measurement profile



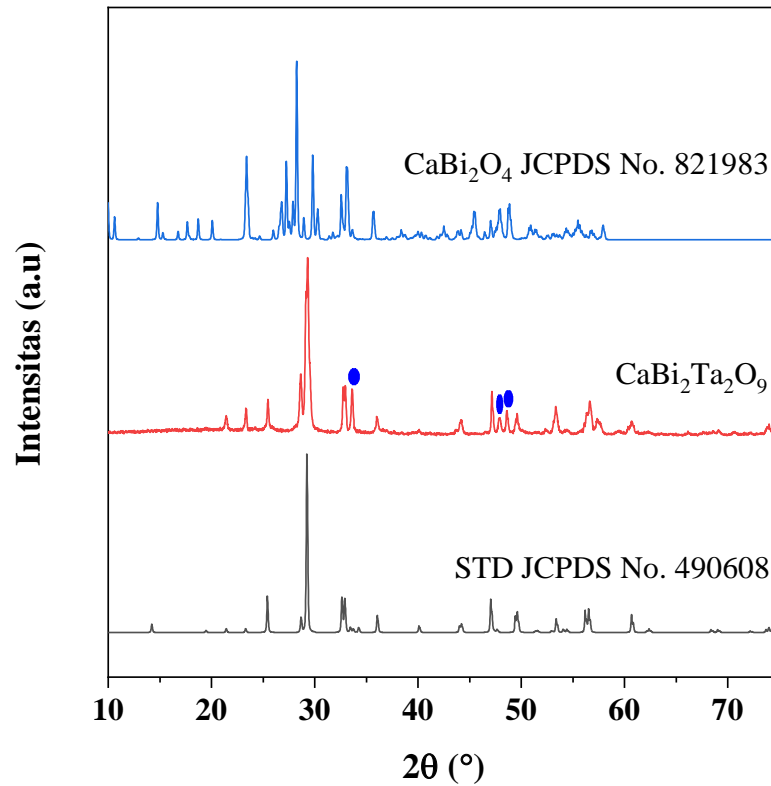
Peak list

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.) | Height(cps) | FWHM(deg) | Int. I(cps deg) | Int. W(deg) | Asym. factor |
|-----|--------------|------------|-------------|-----------|-----------------|-------------|--------------|
| 1 | 19.103(8) | 4.6421(19) | 286(49) | 0.08(2) | 36(6) | 0.13(4) | 1.3(2) |
| 2 | 19.648(8) | 4.5145(19) | 913(87) | 0.250(15) | 354(12) | 0.39(5) | 1.3(2) |
| 3 | 22.669(12) | 3.919(2) | 1768(121) | 0.230(11) | 496(15) | 0.28(3) | 2.1(6) |
| 4 | 23.987(15) | 3.707(2) | 675(75) | 0.24(2) | 263(13) | 0.39(6) | 1.4(3) |
| 5 | 24.68(2) | 3.604(3) | 337(53) | 0.26(3) | 121(8) | 0.36(8) | 1.2(6) |
| 6 | 25.574(19) | 3.480(3) | 817(82) | 0.271(18) | 307(11) | 0.38(5) | 1.2(6) |
| 7 | 27.683(19) | 3.220(2) | 531(67) | 0.27(3) | 180(14) | 0.34(7) | 0.8(2) |
| 8 | 30.102(4) | 2.9663(4) | 10344(294) | 0.245(6) | 4080(48) | 0.394(16) | 0.73(4) |
| 9 | 32.199(7) | 2.7778(6) | 5611(216) | 0.248(5) | 1833(20) | 0.327(16) | 0.92(10) |
| 10 | 36.076(13) | 2.4876(9) | 290(49) | 0.29(3) | 103(11) | 0.35(10) | 5(4) |
| 11 | 38.75(4) | 2.322(2) | 180(39) | 0.21(8) | 68(9) | 0.38(13) | 2.1(16) |
| 12 | 39.891(19) | 2.2581(10) | 522(66) | 0.38(2) | 271(12) | 0.52(9) | 1.7(3) |
| 13 | 43.047(10) | 2.0996(5) | 406(58) | 0.38(3) | 200(10) | 0.49(9) | 5(2) |

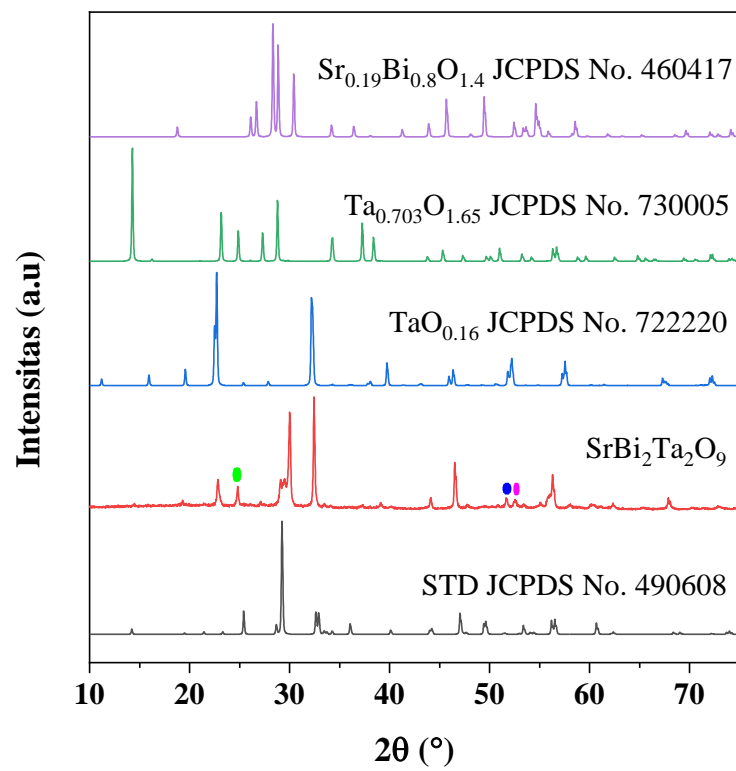
| | | | | | | | |
|----|------------|------------|-----------|----------|----------|----------|---------|
| 14 | 43.933(14) | 2.0593(6) | 217(43) | 0.32(4) | 92(8) | 0.42(12) | 5(2) |
| 15 | 46.219(12) | 1.9626(5) | 2368(140) | 0.360(9) | 1162(14) | 0.49(4) | 1.6(2) |
| 16 | 48.34(11) | 1.881(4) | 117(31) | 0.38(8) | 49(11) | 0.4(2) | 2(2) |
| 17 | 52.15(3) | 1.7524(9) | 850(84) | 0.41(4) | 542(19) | 0.64(9) | 2.0(8) |
| 18 | 54.02(7) | 1.696(2) | 265(47) | 0.54(6) | 154(20) | 0.58(18) | 2.6(18) |
| 19 | 54.66(4) | 1.6777(11) | 200(41) | 0.28(9) | 60(13) | 0.30(12) | 2.6(18) |
| 20 | 56.160(12) | 1.6365(3) | 2545(146) | 0.384(8) | 1058(19) | 0.42(3) | 1.9(2) |
| 21 | 58.047(19) | 1.5877(5) | 212(42) | 0.18(5) | 44(9) | 0.21(8) | 1.4(13) |
| 22 | 59.26(2) | 1.5581(6) | 179(39) | 0.67(7) | 128(16) | 0.7(2) | 0.6(3) |
| 23 | 62.735(16) | 1.4798(3) | 262(47) | 0.65(5) | 183(15) | 0.70(18) | 3.5(19) |
| 24 | 67.30(5) | 1.3901(9) | 400(58) | 0.53(4) | 256(15) | 0.64(13) | 0.7(3) |
| 25 | 68.92(6) | 1.3614(10) | 117(31) | 0.48(10) | 68(8) | 0.6(2) | 0.7(3) |
| 26 | 73.83(10) | 1.2825(15) | 146(35) | 0.55(13) | 99(15) | 0.7(3) | 3(4) |
| 27 | 75.51(3) | 1.2581(4) | 553(68) | 0.48(3) | 297(15) | 0.54(9) | 1.6(4) |
| 28 | 76.71(5) | 1.2413(7) | 283(49) | 0.83(7) | 264(14) | 0.9(2) | 1.6(4) |
| 29 | 80.02(3) | 1.1981(3) | 190(40) | 0.21(4) | 43(6) | 0.23(8) | 1.8(9) |
| 30 | 81.14(9) | 1.1844(11) | 87(27) | 0.71(14) | 65(8) | 0.8(3) | 1.8(9) |
| 31 | 84.8(2) | 1.142(3) | 47(20) | 1.9(3) | 95(13) | 2.0(11) | 1.8(9) |

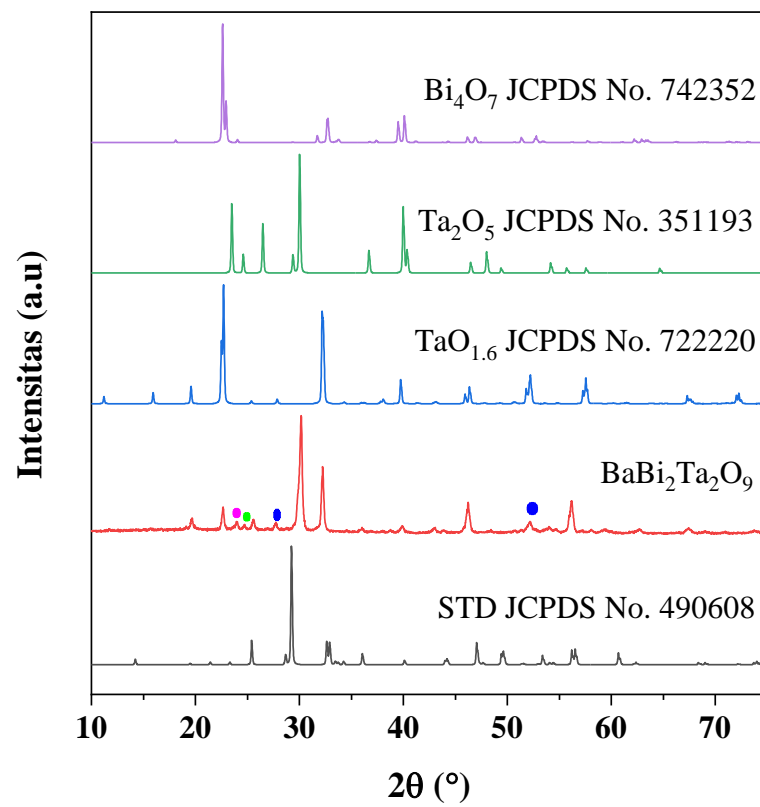
Lampiran 4. Analisis pengotor menggunakan senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$)

L.4.1. $CaBi_2Ta_2O_9$



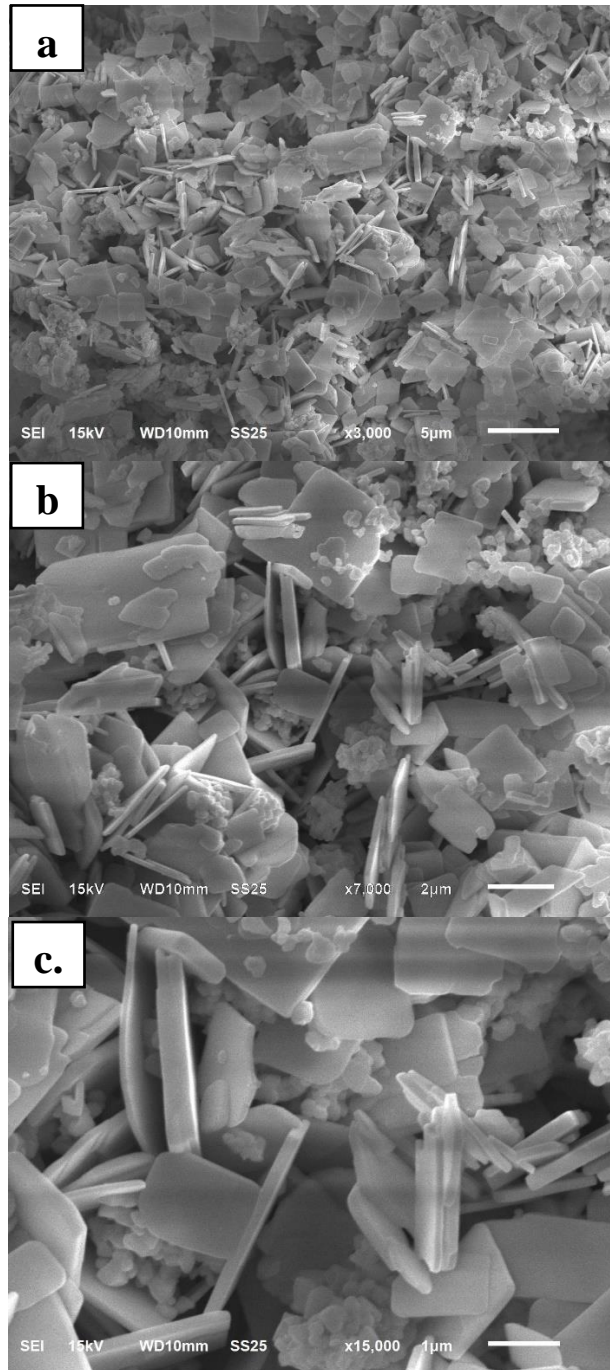
Gambar L.4.1 difragtogram $CaBi_2Ta_2O_9$

L.4.2. SrBi₂Ta₂O₉Gambar L.4.2 Difragtogram SrBi₂Ta₂O₉

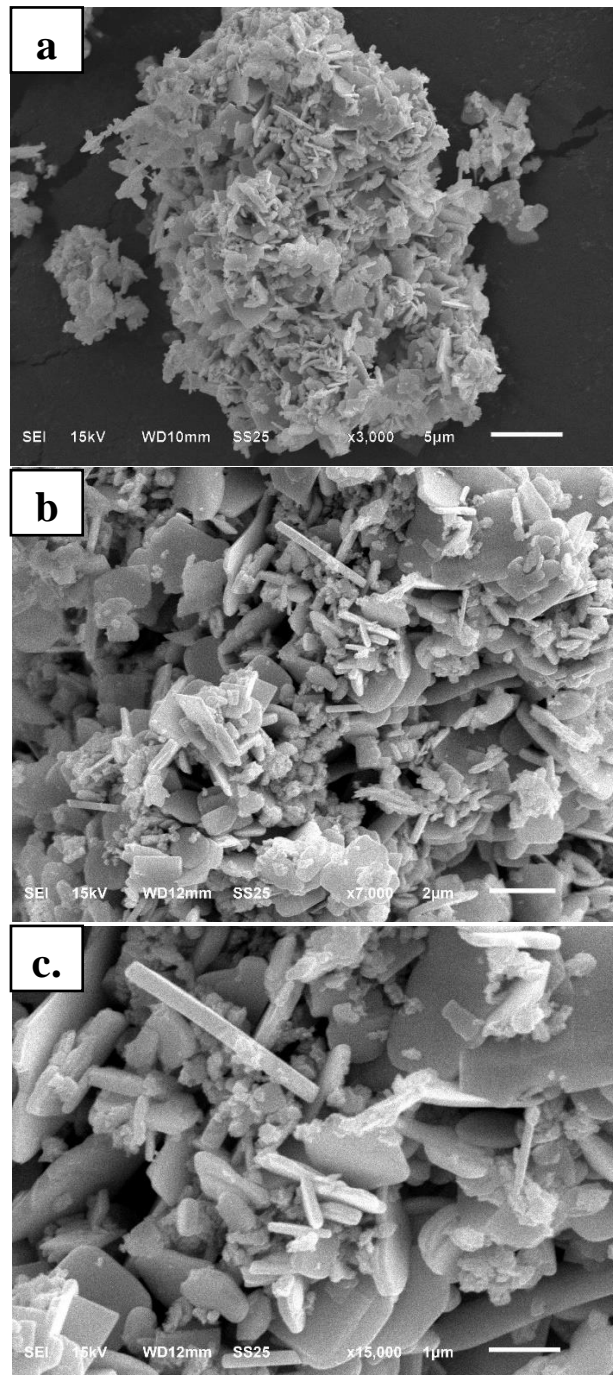
L.4.3. BaBi₂Ta₂O₉Gambar L.4.3 Difraktogram BaBi₂Ta₂O₉

Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM

L.5.1 $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

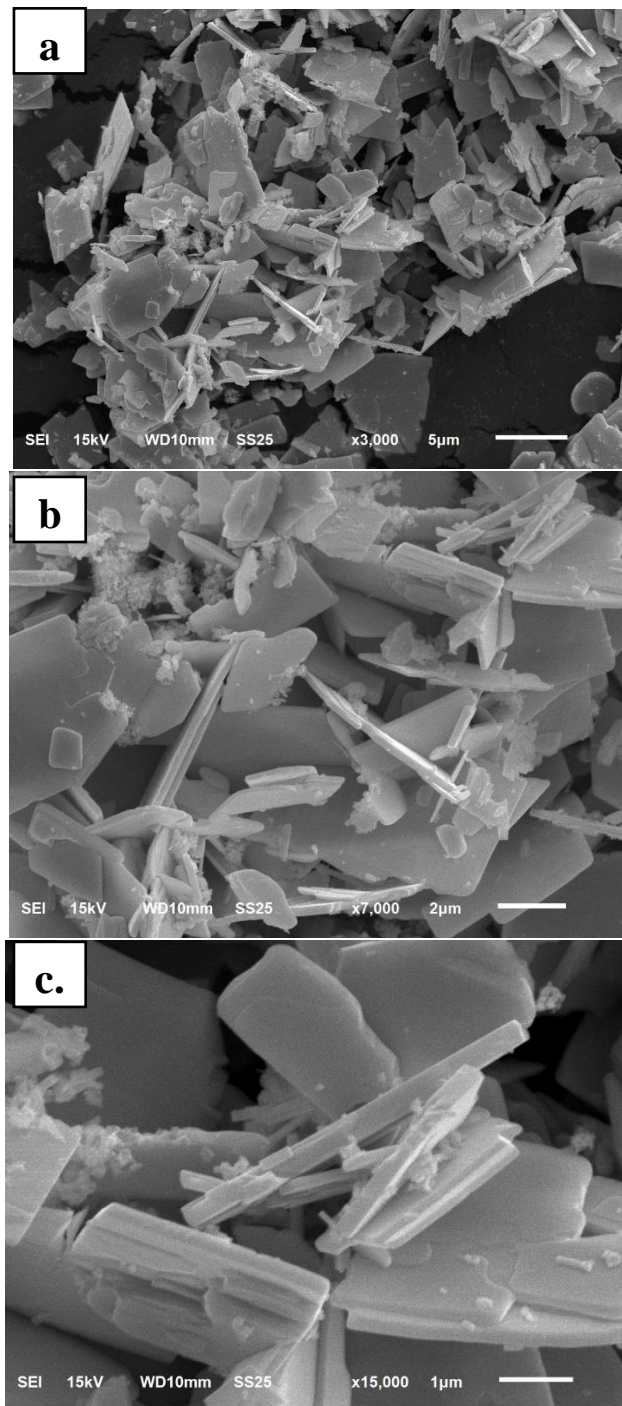


Gambar L.5.1 Morfologi $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ pada pembesaran, (a) 3000x, (b) 7000x, dan (c) 15000x

L.5.2 SrBi₂Ta₂O₉

Gambar L.5.2 Morfologi SrBi₂Ta₂O₉ pada pembesaran, (a) 3000x, (b) 7000x, dan (c) 15000x

L.5.3 BaBi₂Ta₂O₉

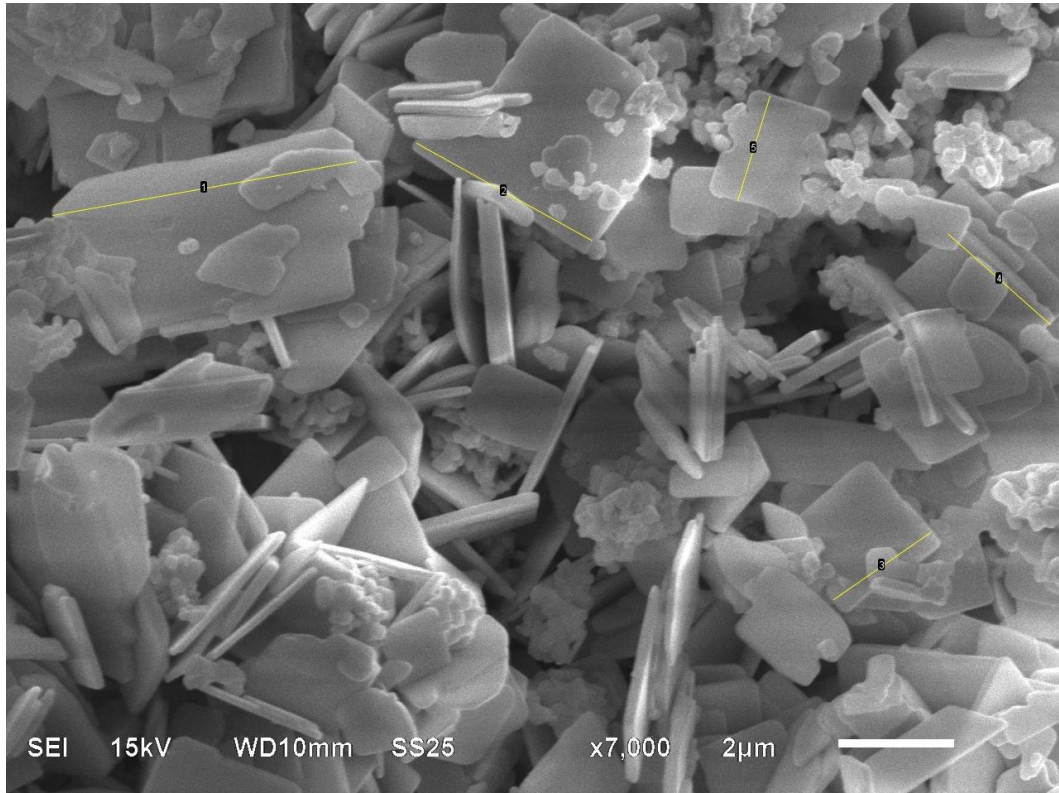


Gambar L.5.2 Morfologi BaBi₂Ta₂O₉ pada pembesaran, (a) 3000x, (b) 7000x, dan (c) 15000x

Lampiran 6. Perhitungan Distribusi Partikel

L.6.1. $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

a. Panjang partikel

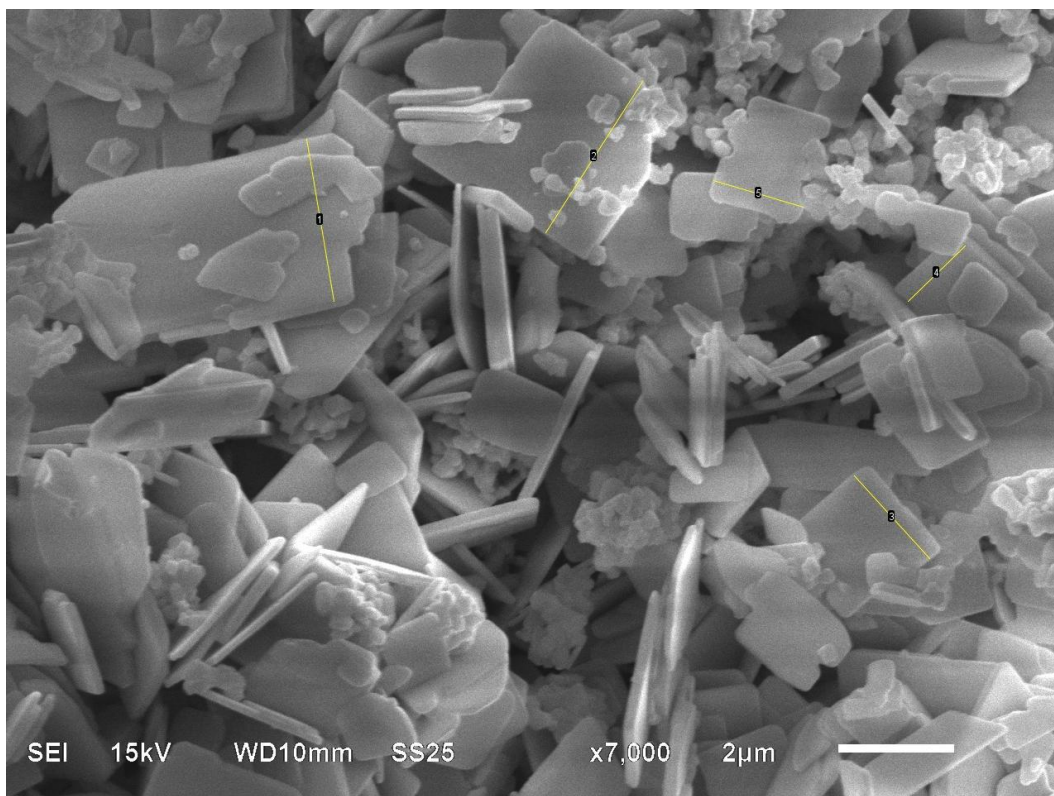


Gambar L.6.1 Perhitungan panjang partikel $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Tabel L.6.1 Hasil perhitungan Panjang partikel $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|-------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.077 | 137.595 | 10.375 | 10.044 | 5.337 |
| 2 | 0.05 | 131.789 | 30.85 | -29.008 | 3.455 |
| 3 | 0.029 | 131.88 | 14.689 | -145.305 | 2.038 |
| 4 | 0.034 | 132.388 | 19.995 | 138.453 | 2.353 |
| 5 | 0.027 | 148.183 | 15.891 | -107.199 | 1.889 |

b. Lebar Partikel

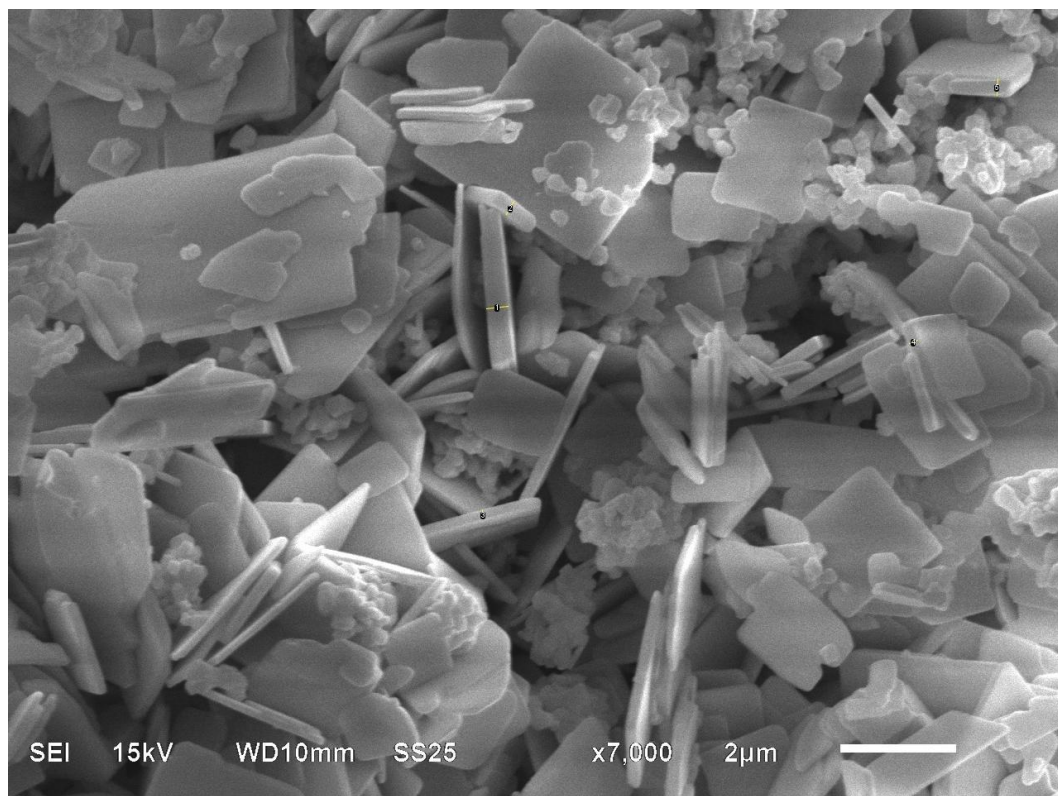


Gambar L.6.2 Perhitungan lebar partikel $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Tabel L.6.2 Hasil perhitungan Tebal partikel $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|-------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.041 | 130.601 | 15.587 | -80.443 | 2.86 |
| 2 | 0.045 | 138.779 | 22.726 | -122.593 | 3.125 |
| 3 | 0.028 | 123.694 | 11.745 | 132.302 | 1.945 |
| 4 | 0.02 | 118.212 | 15.567 | 44.157 | 1.384 |
| 5 | 0.024 | 160.33 | 11.429 | -16.504 | 1.621 |

c. Tebal Partikel



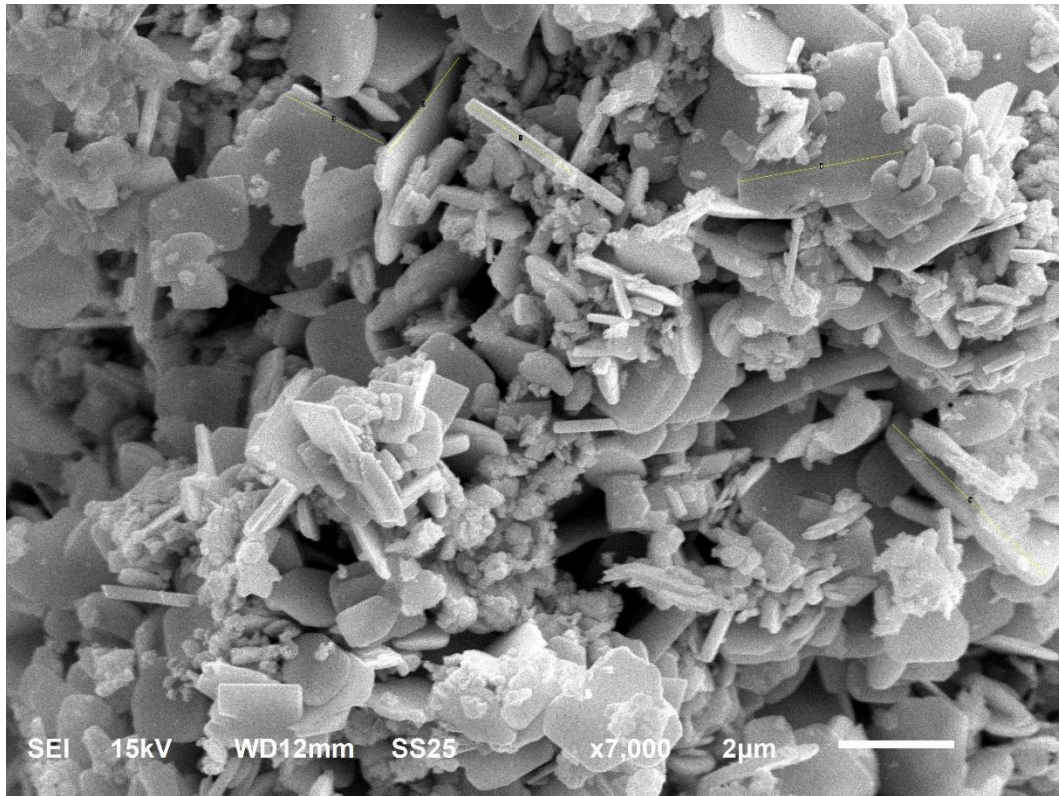
Gambar L.6.3 Perhitungan tebal partikel $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Tabel L.6.3 Hasil perhitungan tebal partikel $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|-------|---------|--------|---------|--------|
| 1 | 0.006 | 105.178 | 11.756 | 6.582 | 0.375 |
| 2 | 0.004 | 174.021 | 10.246 | 58.903 | 0.263 |
| 3 | 0.002 | 166.014 | 8.353 | -81.469 | 0.145 |
| 4 | 0.002 | 157.233 | 7.597 | -160.71 | 0.152 |
| 5 | 0.004 | 152.274 | 14.006 | -92.862 | 0.287 |

L.6.2. SrBi₂Ta₂O₉

a. Panjang partikel



Gambar L.6.4 Perhitungan panjang partikel SrBi₂Ta₂O₉

Tabel L.6.4 Hasil perhitungan panjang partikel SrBi₂Ta₂O₉

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|-------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.016 | 181.832 | 31.702 | -34 | 2.213 |
| 2 | 0.015 | 144.505 | 48.789 | -126.752 | 2.092 |
| 3 | 0.014 | 151.988 | 24.695 | -26.277 | 1.918 |
| 4 | 0.021 | 148.362 | 25.518 | 10.445 | 2.897 |
| 5 | 0.028 | 153.498 | 65.787 | -44.091 | 3.846 |

b. Lebar partikel

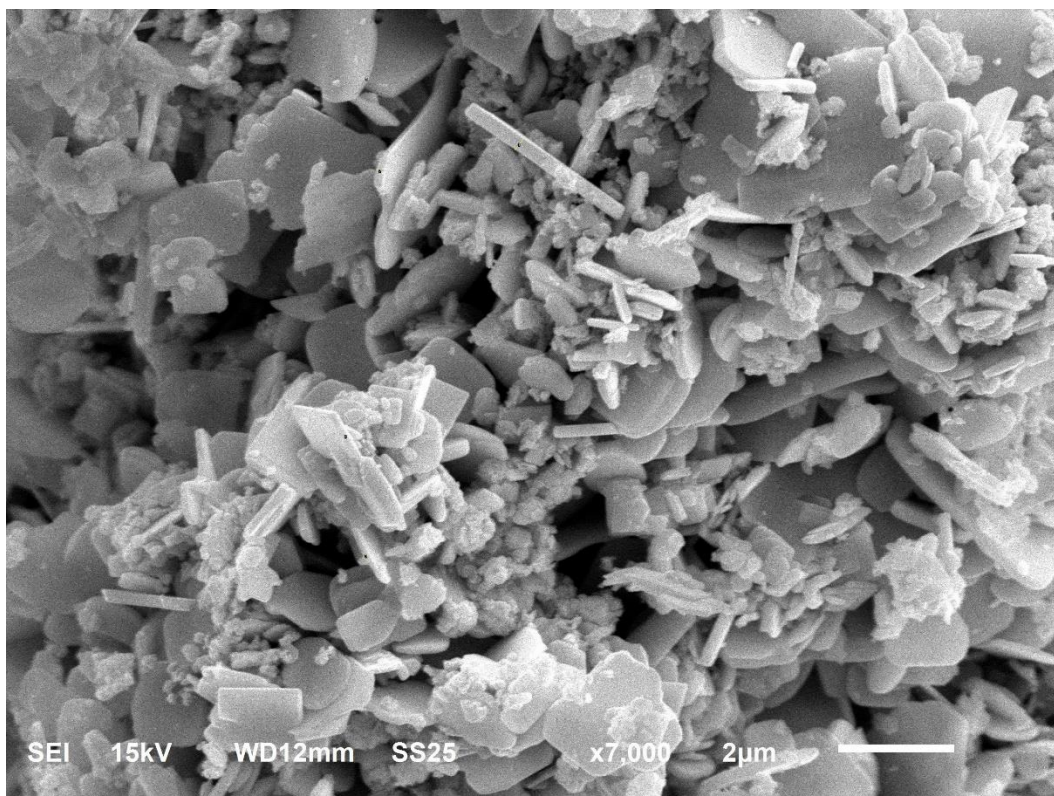


Gambar L.6.5 Perhitungan lebar partikel $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Tabel L.6.5 Hasil perhitungan lebar partikel $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|-------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.009 | 191.105 | 19.524 | 146.674 | 1.257 |
| 2 | 0.013 | 172.036 | 45.273 | -82.64 | 1.741 |
| 3 | 0.015 | 121.498 | 27.538 | -117.834 | 2.034 |
| 4 | 0.019 | 133.774 | 31.548 | -82.179 | 2.643 |
| 5 | 0.007 | 220.989 | 26.546 | -125.03 | 0.896 |

c. Tebal partikel



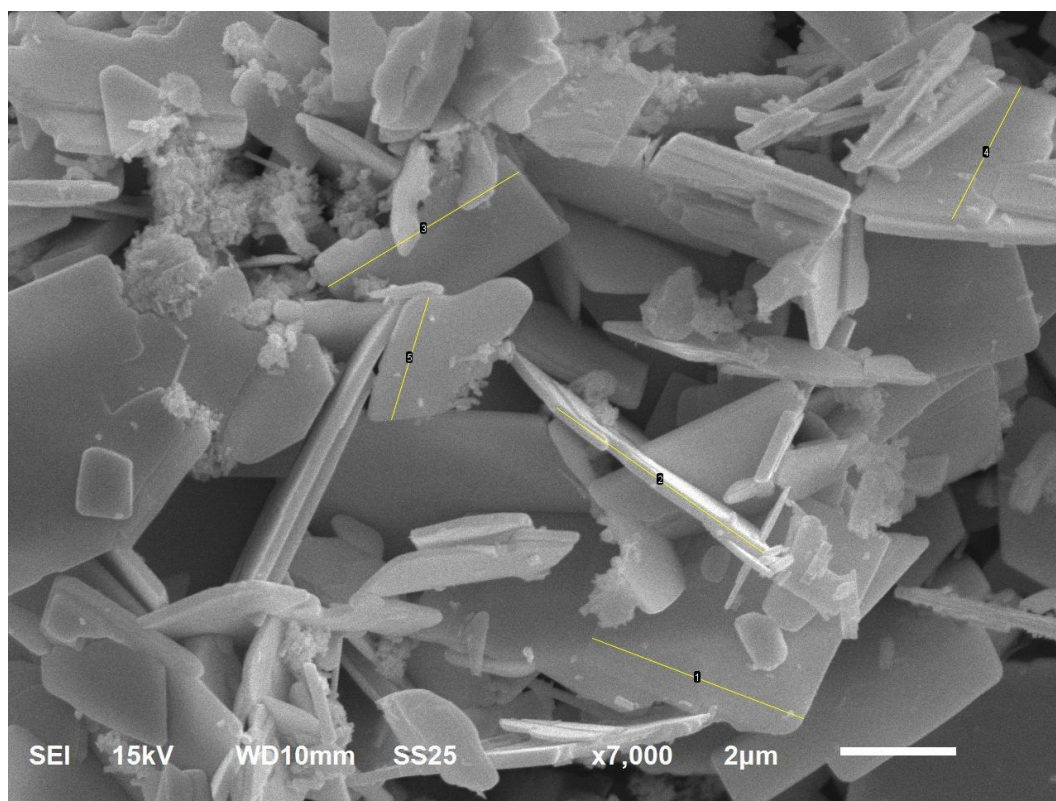
Gambar L.6.6 Perhitungan tebal partikel $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Tabel L.6.6 Hasil perhitungan tebal partikel $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|----------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.002 | 178.896 | 17.719 | -131.634 | 0.262 |
| 2 | 8.40E-04 | 166.462 | 25.219 | 172.405 | 0.11 |
| 3 | 7.35E-04 | 188.485 | 18.742 | 38.66 | 0.093 |
| 4 | 9.98E-04 | 225.404 | 20.769 | -135 | 0.133 |
| 5 | 7.88E-04 | 163.878 | 21.468 | 158.962 | 0.101 |

L.6.3. BaBi₂Ta₂O₉

a. Panjang partikel

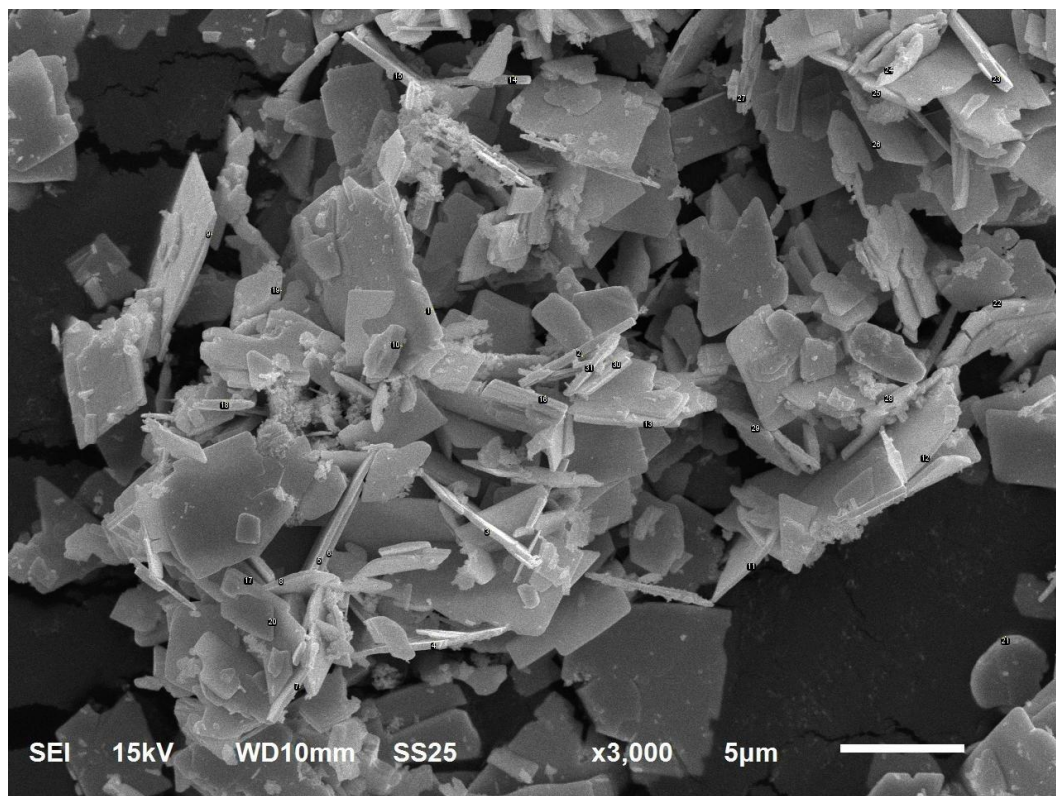


Gambar L.6.7 Perhitungan panjang partikel BaBi₂Ta₂O₉

Tabel L.6.7 Hasil perhitungan panjang partikel BaBi₂Ta₂O₉

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|-------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.056 | 133.808 | 15.909 | -20.826 | 3.907 |
| 2 | 0.063 | 172.761 | 16.98 | -34.992 | 4.37 |
| 3 | 0.055 | 130.961 | 19.544 | 30.964 | 3.841 |
| 4 | 0.037 | 137.62 | 11.09 | 62.571 | 2.549 |
| 5 | 0.032 | 136.631 | 9.065 | -107.021 | 2.201 |

b. Lebar partikel

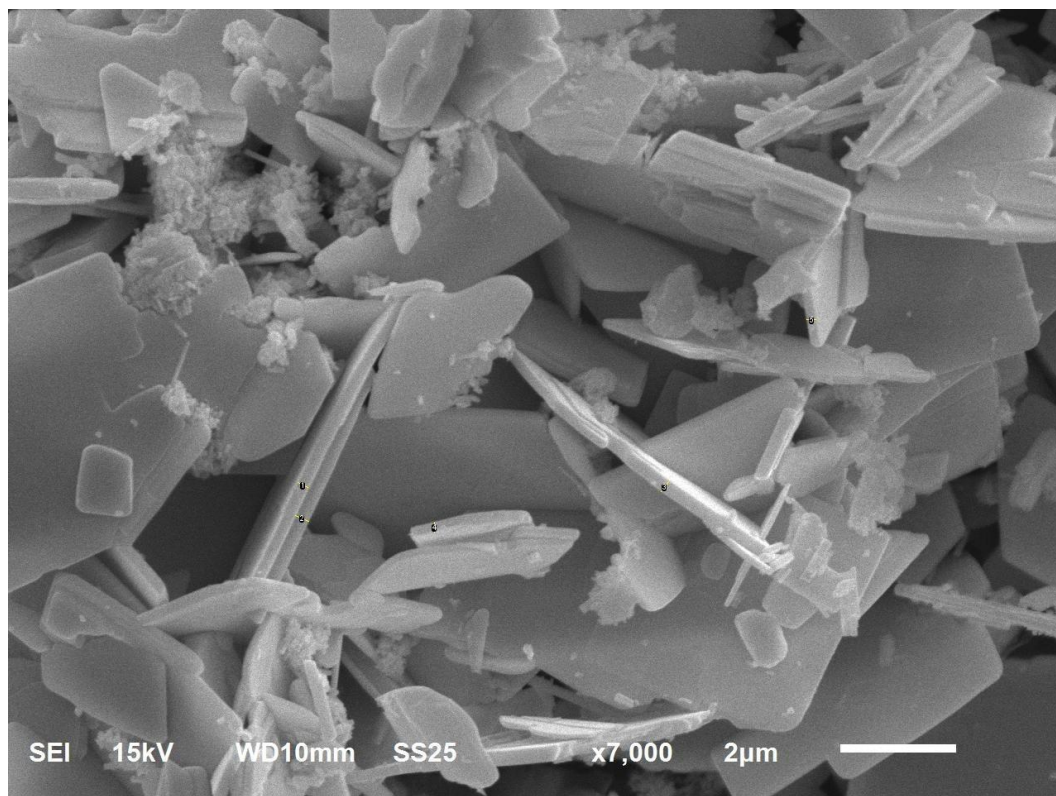


Gambar L.6.8 Perhitungan lebar partikel $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Tabel L.6.8 Hasil perhitungan lebar partikel $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|-------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.055 | 155.747 | 17.79 | -115.884 | 3.79 |
| 2 | 0.017 | 165.234 | 15.6 | -48.483 | 1.172 |
| 3 | 0.025 | 116.625 | 8.23 | -51.415 | 1.73 |
| 4 | 0.032 | 142.777 | 11.229 | -10.072 | 2.221 |
| 5 | 0.028 | 141.12 | 7.359 | -5.156 | 1.921 |

c. Tebal partikel



Gambar L.6.9 Perhitungan tebal partikel $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Tabel L.6.9 Hasil perhitungan tebal partikel $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

| No. | Area | Mean | StdDev | Angle | Length |
|-----|-------|---------|--------|---------|--------|
| 1 | 0.003 | 149.552 | 10.132 | -25.641 | 0.2 |
| 2 | 0.004 | 137.315 | 14.748 | 156.371 | 0.251 |
| 3 | 0.003 | 161.585 | 10.551 | 53.13 | 0.216 |
| 4 | 0.003 | 147.462 | 13.525 | -90 | 0.173 |
| 5 | 0.003 | 143.904 | 21.815 | 0 | 0.165 |

Lampiran 7. Hasil Karakterisasi Menggunakan EDS

Acquisition Parameter
Instrument : 6510(LA)
Acc. Voltage : 15.0 kV
Probe Current: 1.00000 nA
PHA mode : T3
Real Time : 50.70 sec
Live Time : 50.00 sec
Dead Time : 1 %
Counting Rate: 1672 cps
Energy Range : 0 - 20 keV

L.7.1 CaBi₂Ta₂O₉

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.3675

| Element | (keV) | Mass% | Error% | Atom% | Compound | Mass% | Cation |
|---------|-------|--------|--------|--------|----------|-------|---------|
| K | | | | | | | |
| O K | 0.525 | 9.87 | 0.10 | 53.82 | | | 14.1302 |
| Ca K* | 3.690 | 3.37 | 0.16 | 7.35 | | | 4.6506 |
| Ta M | 1.709 | 40.27 | 0.26 | 19.42 | | | 39.7923 |
| Bi M | 2.419 | 46.48 | 0.40 | 19.41 | | | 41.4268 |
| Total | | 100.00 | | 100.00 | | | |

L.7.2 SrBi₂Ta₂O₉

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.4800

| Element | (keV) | Mass% | Error% | Atom% | Compound | Mass% | Cation |
|---------|-------|--------|--------|--------|----------|-------|---------|
| K | | | | | | | |
| O K | 0.525 | 9.12 | 0.12 | 51.53 | | | 12.9284 |
| Sr L* | 1.806 | 11.05 | 0.39 | 11.39 | | | 11.4842 |
| Ta M* | 1.709 | 38.14 | 0.37 | 19.05 | | | 39.1365 |
| Bi M* | 2.419 | 41.69 | 0.47 | 18.03 | | | 36.4508 |
| Total | | 100.00 | | 100.00 | | | |

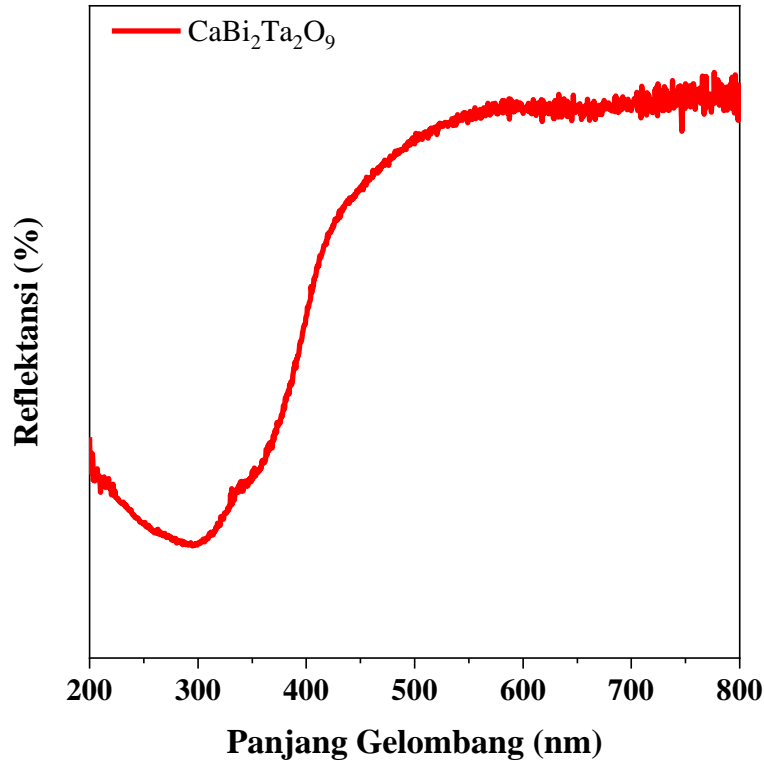
L.7.3 BaBi₂Ta₂O₉

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis
Fitting Coefficient : 0.4900

| Element | (keV) | Mass% | Error% | Atom% | Compound | Mass% | Cation |
|---------|-------|--------|--------|--------|----------|-------|---------|
| K | | | | | | | |
| O K | 0.525 | 9.76 | 0.12 | 55.49 | | | 15.1573 |
| Ba L* | 4.464 | 11.75 | 0.63 | 7.78 | | | 13.5987 |
| Ta M | 1.709 | 38.26 | 0.35 | 19.23 | | | 35.9033 |
| Bi M | 2.419 | 40.23 | 0.52 | 17.50 | | | 35.3407 |
| Total | | 100.00 | | 100.00 | | | |

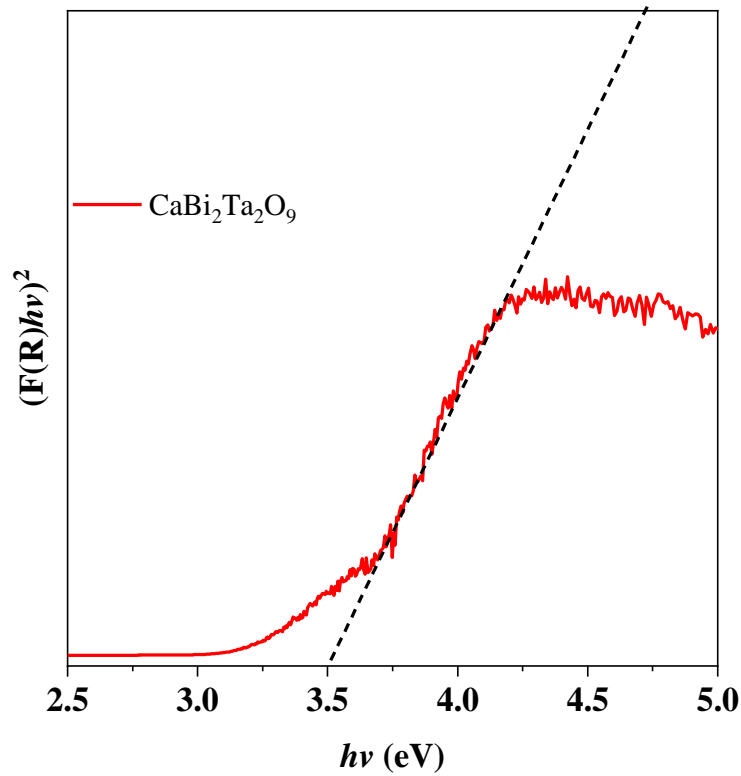
Lampiran 8. Perhitungan Nilai Energi Celah Pita

L.8.1 $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$



Gambar L.8.1 Spektra DRS hubungan % reflektansi dengan panjang gelombang senyawa $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Hasil pengukuran dengan UV-Vis DRS diperoleh grafik hubungan antara % reflektansi dengan panjang gelombang yang ditampilkan pada Gambar L.8.1. Kemudian dianalisis dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk yang dirangkum pada Persamaan 3.1 dan diolah menjadi grafik hubungan $F(R).hv^{0.5}$ dengan energi celah pita (hv) yang ditampilkan pada Gambar L.7.2. Energi celah pita dihitung dengan menarik garis lurus pada bagian kurva yang menurun sampai pada nilai $y=0$ dan nilai x merupakan energi celah pita, sehingga nilai x dari senyawa $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ adalah 3,51 eV.



Gambar L.8.2 Spektra DRS energi celah pita $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

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

$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34}}{1,602 \times 10^{-19}} \times 1 \text{ eV}$$

$$= 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

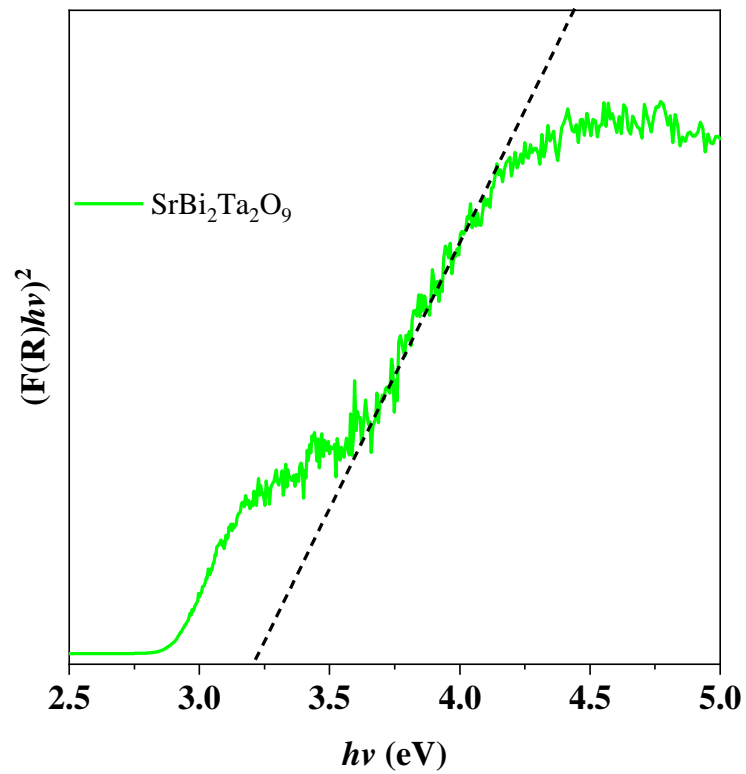
Panjang gelombang pada $E_g = 3,51 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E}$$

$$= \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \times 3 \times 10^{17} \text{ nm/s}}{3,51 \text{ eV}}$$

$$= 353,23 \text{ nm}$$

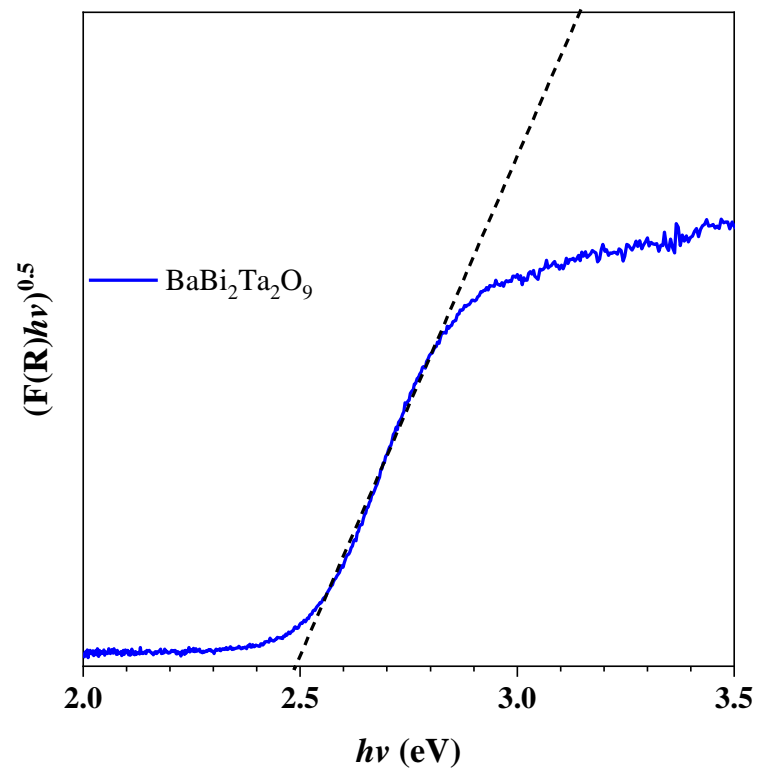
Langkah yang sama digunakan untuk menghitung energi celah pita sampel lain yang ditampilkan pada L.8.2-L.8.5

L.8.2 SrBi₂Ta₂O₉Gambar L.8.3 Spektra DRS energi celah pita SrBi₂Ta₂O₉

Panjang Gelombang pada Energi celah pita = 3,21 eV

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h \cdot c}{E} \\ &= \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^{17} \text{ nm/s}}{3,21 \text{ eV}} \\ &= 386,24 \text{ nm} \end{aligned}$$

L.8.3 BaBi₂Ta₂O₉



Gambar L.8.4 Spektra DRS energi celah pita SrBi₂Ta₂O₉

Panjang Gelombang pada Energi celah pita = 2,44 eV

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h \cdot c}{E} \\ &= \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^{17} \text{ nm/s}}{2,44 \text{ eV}} \\ &= 508,13 \text{ nm} \end{aligned}$$

**Lampiran 9. Perhitungan konsentrasi, % adsorpsi, dan % degradasi
material $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba)**

L.9.1. Uji Kestabilan Larutan Metilen Biru

a. Tanpa lampu UV

$$Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$20 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned} 0,785 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,559951 \end{aligned}$$

$$40 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned} 0,761 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,413877 \end{aligned}$$

$$60 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned} 0,764 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,432136 \end{aligned}$$

$$80 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned} 0,767 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,450396 \end{aligned}$$

b. Paparan lampu UV

$$Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$20 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned} 0,821 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,779063 \end{aligned}$$

$$40 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned} 0,822 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,785149 \end{aligned}$$

$$60 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned} 0,839 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,888618 \end{aligned}$$

$$80 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned} 0,833 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,8521 \end{aligned}$$

L.9.2. Uji Adsorpsi-Desorpsi ABT (A= Ca, Sr, Ba) Terhadap Metilen Biru

a. $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

$$Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$30 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$1,062 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 7,245892$$

$$\begin{aligned} \% \text{ adsorp} &= \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,769324 - 7,245892}{7,769324} \times 100\% \\ &= 6,7372\% \end{aligned}$$

b. $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

$$Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$30 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$0,917 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 6,36336$$

$$\begin{aligned} \% \text{ adsorp} &= \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,757152 - 6,36336}{7,757152} \times 100\% \\ &= 17,9678\% \end{aligned}$$

c. $\text{BaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

$$Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$30 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$1,039 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 7,105904$$

$$\begin{aligned} \% \text{ adsorp} &= \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,629337 - 7,105904}{7,629337} \times 100\% \\ &= 6,8608\% \end{aligned}$$

L.9.3. Uji Degradasi ABT (A= Ca, Sr, Ba) Terhadap Metilen Biru

a. $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

$$Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$20 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$1,0122 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 6,942788$$

$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{20}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,250152 - 6,942788}{7,250152} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 4,2394 \%$$

40 menit $\rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$

$$0,9436 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 6,525259$$

% degradasi $= \frac{C_0 - C_{40}}{C_0} \times 100\%$

$$= \frac{7,250152 - 6,525259}{7,250152} \times 100\%$$

$$= 9,9983 \%$$

60 menit $\rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$

$$0,9005 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 6,262934$$

% degradasi $= \frac{C_0 - C_{60}}{C_0} \times 100\%$

$$= \frac{7,250152 - 6,262934}{7,250152} \times 100\%$$

$$= 13,6165 \%$$

80 menit $\rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$

$$0,8906 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 6,202678$$

% degradasi $= \frac{C_0 - C_{80}}{C_0} \times 100\%$

$$= \frac{7,250152 - 6,202678}{7,250152} \times 100\%$$

$$= 14,4476 \%$$

b. $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

$$Y = 0,1643x - 0,1285$$

20 menit $\rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$

$$0,8823 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 6,152161$$

% degradasi $= \frac{C_0 - C_{20}}{C_0} \times 100\%$

$$= \frac{6,368837 - 6,152161}{6,368837} \times 100\%$$

$$= 3,4021 \%$$

40 menit $\rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$

$$0,8133 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 5,732197$$

% degradasi $= \frac{C_0 - C_{40}}{C_0} \times 100\%$

$$= \frac{6,368837 - 5,732197}{6,368837} \times 100\%$$

$$= 9,9962 \%$$

60 menit $\rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$

$$0,7808 + 0,1285 = 0,1643x$$

$$x = 5,534388$$

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{60}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{6,368837 - 5,534388}{6,368837} \times 100\% \\ &= 13,1021 \%\end{aligned}$$

$$80 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned}0,6643 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 4,82532\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{80}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{6,368837 - 4,82532}{6,368837} \times 100\% \\ &= 24,2355 \%\end{aligned}$$

c. BaBi₂Ta₂O₉

$$Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$20 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned}0,9724 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 6,700548\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{20}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,099817 - 6,700548}{7,099817} \times 100\% \\ &= 5,6237 \%\end{aligned}$$

$$40 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned}0,9061 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 6,297018\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{40}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,099817 - 6,297018}{7,099817} \times 100\% \\ &= 11,3073 \%\end{aligned}$$

$$60 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

$$\begin{aligned}0,8854 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 6,171029\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{60}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,099817 - 6,171029}{7,099817} \times 100\% \\ &= 13,0819 \%\end{aligned}$$

$$80 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1643x - 0,1285$$

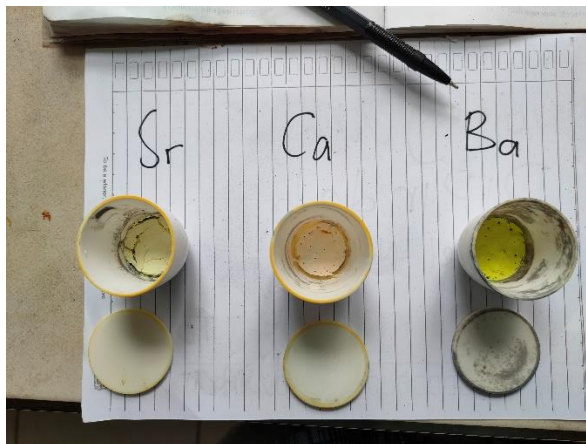
$$\begin{aligned}0,8514 + 0,1285 &= 0,1643x \\ x &= 5,96409\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{80}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,099817 - 5,96409}{7,099817} \times 100\% \\ &= 15,9966 \%\end{aligned}$$

Lampiran 10. Dokumentasi



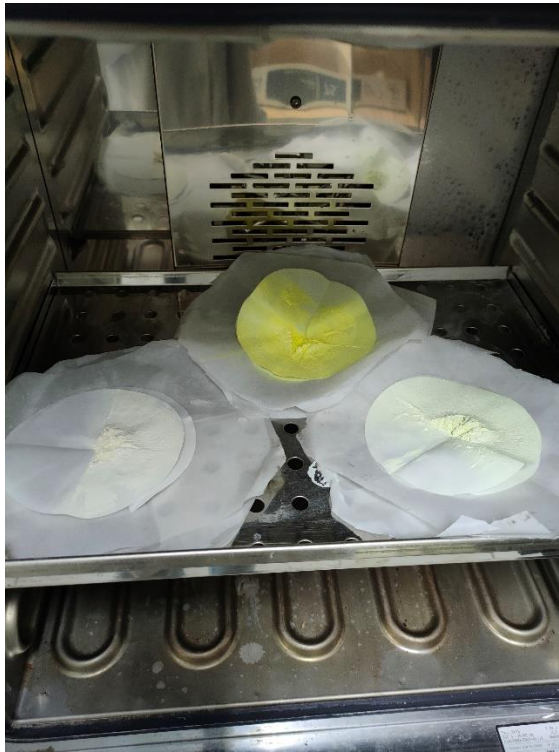
Gambar L.10.1 Proses Penggerusan sampel



Gambar L.10.2 Sampel setelah dikalsinasi



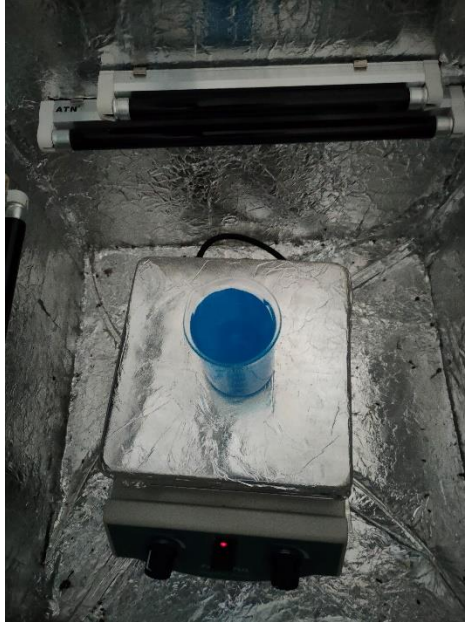
Gambar L.10.3 Proses penyaringan sampel



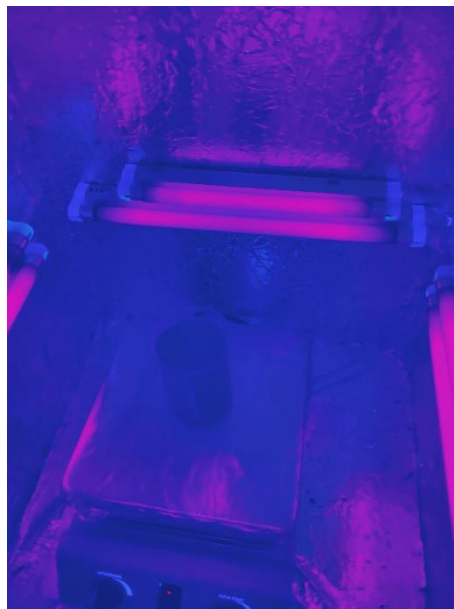
Gambar L.10.4 Proses pengeringan sampel setelah di saring



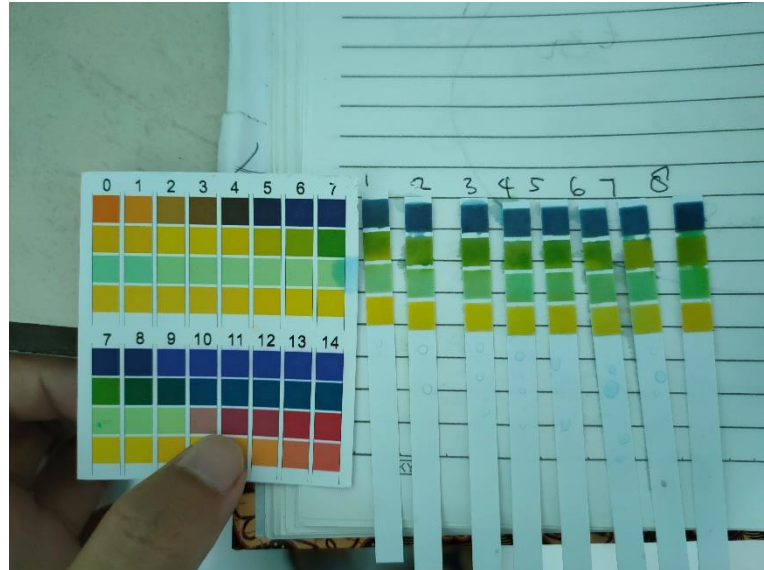
Gambar L.10.5 Hasil senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ (A= Ca, Sr, Ba)



Gambar L.10.6 Uji aktivitas fotokatalitik di dalam fotoreaktor



Gambar L.10.7 Uji aktivitas fotokatalitik di dalam fotoreaktor dengan lampu UV



Gambar L.10.8 Pengecekan pH setelah uji aktivitas fotokatalitik