

**SINTESIS SENYAWA $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ DENGAN MENGGUNAKAN
METODE LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

**Oleh:
NURUL FITRIATHUS SHOLIKHAH
NIM. 18630036**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2022**

**SINTESIS SENYAWA $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ DENGAN MENGGUNAKAN
METODE LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

**Oleh:
NURUL FITRIATHUS SHOLIKHAH
NIM. 18630036**

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

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2022**

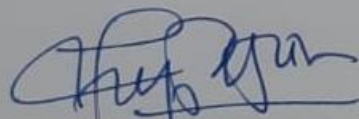
**SINTESIS SENYAWA $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ DENGAN MENGGUNAKAN
METODE LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

Oleh:
NURUL FITRIATHUS SHOLIKHAH
NIM. 18630036

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 08 Desember 2022

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. H. M. Imamudin, Lc. M.A
NIP. 19740602 2009011 1 010

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

SINTESIS SENYAWA $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{1.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_{15}$ DENGAN MENGGUNAKAN
METODE LELEHAN GARAM

SKRIPSI

Oleh:
NURUL FITRIATHUS SHOLIKHAH
NIM. 18630036


Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 08 Desember 2022


Penguji Utama : Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006

Ketua Penguji : Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc
NIDT. 1990096 20180201 2 239

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

Anggota Penguji : Dr. H. M. Imamudin, Lc. M.A
NIP. 19740602 2009011 1 010

()

()

()

()

Mengesahkan
Ketua Program Studi


Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Fitriathus Sholikhah

NIM : 18630036

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Menggunakan Metode Lelehan Garam

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi ini adalah 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.

Malang, 20 Desember 2022
Yang membuat pernyataan,



Nurul Fitriathus Sholikhah
NIM. 18630036

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis sampaikan kepada Allah Swt. karena karunianya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini. Skripsi ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua penulis Bapak M. Abdhul dan Ibu Uslikah serta seluruh keluarga yang selalu mendukung penulis baik secara moral maupun material. Terima kasih karena sudah mendukung, mendengarkan, mendoakan dan selalu menguatkan dalam segala kondisi.

Kedua penulis persembahkan skripsi ini untuk para sobat ghibahku Ponpes Syah-Nur yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan. Saudara seperbimbinganku Photokatalis (Perempuan Tangguh Anti Nangis) yang telah banyak membantu dan menyemangati selama proses penulisan tugas akhir ini. Teman-teman kamarku yang selalu mendengar keluh kesahku, dan teman-teman lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk semua teman-teman di masa perkuliahan yang selalu membantu selama masa perkuliahan. Dan terima kasih juga kepada semua orang yang selalu memberi semangat kepada penulis dan yang telah merubah pemikiran serta memotivasi penulis menjadi lebih baik serta berani untuk mencoba hal baru.

Dan terakhir terima kasih kepada diri sendiri, terima kasih sudah bertahan sampai di titik ini, hamper menyerah di semester awal dan akhirnya tetap bertahan hingga akhir. Terima kasih karena tidak menyerah dan selalu kuat. Dan terima kasih juga karena sudah berani mencoba hal baru. Apapun nanti hasilnya tetap lakukan yang terbaik demi dirimu sendiri dan orang-orang yang menyayangimu. Jangan berhenti untuk berbuat baik dan tetap berusaha menjadi versi yang terbaik, setiap air mata dan keringat yang keluar pasti akan ada nilainya ☺.

MOTTO

“Apapun yang menjadi takdirmu akan mencari jalannya untuk menemukanmu”

-Ali bin Abi Tholib-

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian yang berjudul **“Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Menggunakan Metode Lelehan Garam”**. Selawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw. yang telah menerangi dunia dengan cahaya iman dan Islam. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu proses penulisan skripsi ini. Ucapan terima kasih ini, penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang sabar memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi, saran dan nasihat kepada penulis dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Bapak Dr. H. M. Imamudin Lc, MA, selaku dosen pembimbing II yang telah sabar membimbing penulis selama ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, motivasi dan nasihat selama penulis menjadi mahasiswa.
6. Orang tua penulis yang telah memberikan do'a, dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan masa perkuliahan dan proses penulisan skripsi ini.

7. Teman-teman yang telah memberikan do'a, dukungan dan semangat kepada penulis selama masa perkuliahan, penelitian dan proses penulisan tugas akhir ini.

Semoga semua perbuatan baik yang telah dilakukan diberikan pahala yang setimpal oleh Allah Swt. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna untuk itu jika terdapat saran dan masukan dapat disampaikan untuk memperbaiki karya ini.

Malang, 14 Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المُلخَص.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Fotokatalis	8
2.2 Pengaruh Morfologi Partikel terhadap Aktivitas Fotokatalis.....	9
2.3 Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	11
2.4 Metode Lelehan Garam	13
2.5 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	15
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat	20
3.2.2 Bahan	20
3.3 Rancangan Penelitian	20
3.4 Prosedur Kerja.....	21
3.4.1 Preparasi Bahan	21
3.4.2 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam ..	22

3.4.3 Karakterisasi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan XRD.....	22
3.4.4 Karakterisasi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan SEM-EDS	22
3.4.5 Karakterisasi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan UV-Vis DRS.....	23
3.5 Analisis Data	23
3.5.1 Analisis Data XRD	23
3.5.2 Analisis Data SEM-EDS.....	23
3.5.3 Analisis Data UV-Vis DRS	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam	25
4.2 Karakterisasi dan Analisis Data XRD	27
4.3 <i>Refinement</i> Difraktogram Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$	30
4.4 Karakterisasi dan Analisis Data SEM-EDS	31
4.5 Karakterisasi dan Analisis Data UV-Vis DRS	35
4.6 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dalam Perspektif Islam	37
BAB V PENUTUP.....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir.....	43
Lampiran 2 Perhitungan.....	46
Lampiran 3 Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen XRD.....	48
Lampiran 4 Hasil SEM	55
Lampiran 5 Hasil UV-Vis DRS	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi pembentukan pembawa fotoinduksi.....	8
Gambar 2.2 Hasil SEM senyawa Aurivillius	10
Gambar 2.3 Efisiensi fotodegradasi rhodamin B pada senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$	11
Gambar 2.4 Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	12
Gambar 2.5 Plot Tauc $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	12
Gambar 2.6 Aktivitas $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dalam mendegradasi rhodamin B.	13
Gambar 2.7 Proses sintesis metode lelehan garam.	14
Gambar 2.8 Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	15
Gambar 2.9 Hasil SEM dengan jenis garam yang berbeda.....	16
Gambar 4.1 Perubahan warna pada sampel	26
Gambar 4.2 Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan variasi garam	27
Gambar 4.3 Pergeseran puncak akibat penambahan doping Fe	29
Gambar 4.4 Plot <i>refinement</i> senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang disintesis.....	30
Gambar 4.5 Mikrosem senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang disintesis.....	32
Gambar 4.6 Hasil EDS senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang disintesis.....	34
Gambar 4.7 Persen reflektansi senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$	35
Gambar 4.8 Plot Tauc senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi prekursor senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$	21
Tabel 4.1 Data kristalografi senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$	31
Tabel 4.2 Energi celah pita senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$	36

ABSTRAK

Sholikhah, Nurul F. 2022. **Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Menggunakan Metode Lelehan Garam**. Skripsi. Pembimbing I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Pembimbing II: Dr. H. M. Imamudin, Lc. M.A.

Kata Kunci: $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$, Metode Lelehan Garam, Fotokatalis, Doping Fe

Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ digunakan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi limbah zat warna. Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ adalah semikonduktor dengan energi celah pita 3,0 eV. Namun aktivitas fotokatalis dari senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ ini masih kurang maksimal karena memiliki energi celah pita yang cukup besar dan memiliki morfologi partikel yang kurang baik, oleh sebab itu ditambahkan doping berupa logam Fe sebagai upaya untuk memaksimalkan aktivitas fotokatalis dengan cara memperkecil energi celah pitanya. Sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dalam penelitian ini dilakukan dengan metode lelehan garam menggunakan garam tunggal NaCl, KCl dan garam campuran NaCl-KCl. Metode lelehan garam dipilih karena memberikan hasil dengan kemurnian tinggi dan bentuk morfologi yang baik. Difraktogram sampel menunjukkan bahwa sampel yang disintesis dengan garam KCl dan NaCl-KCl diketahui murni, namun pada sampel dengan garam NaCl terdapat pengotor yang diketahui adalah senyawa TiO_2 . Bentuk morfologi partikel yang baik ini dapat memaksimalkan aktivitas fotokatalis dari senyawa yang disintesis. Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ memiliki bentuk *plate-like* ini terlihat dari hasil mikroskop namun cenderung terbentuk aglomerasi. Berdasarkan perhitungan energi celah pita diperoleh nilai untuk sampel yang disintesis dengan garam NaCl; KCl; NaCl-KCl secara berurutan 2,31; 2,27 dan 2,21 eV.

ABSTRACT

Sholikhah, Nurul F. 2022. **Synthesis of SrBi₄Ti_{3.9}Fe_{0.1}O₁₅ Compounds Using Molten Salt Synthesis Method.** Thesis. Supervisor: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Supervisor II; Dr. H. M. Imamudin, Lc. M.A.

Keywords: SrBi₄Ti_{3.9}Fe_{0.1}O₁₅, Photocatalyst, Molten Salt Synthesis, Dopant Fe.

SrBi₄Ti₄O₁₅ compound was used as a photocatalyst to degrade dye waste. The compound SrBi₄Ti₄O₁₅ is a semiconductor with a band gap energy of 3.0 eV. However, the photocatalyst activity of the SrBi₄Ti_{3.9}Fe_{0.1}O₁₅ compound is still not optimal because it has a large enough band gap energy and has poor particle morphology, therefore doping in the form of Fe metal is added as an effort to maximize photocatalyst activity by reducing the band gap energy. The synthesis of the compound SrBi₄Ti_{3.9}Fe_{0.1}O₁₅ in this study was carried out by the salt melt method using a single salt of NaCl, KCl and a mixed salt of NaCl-KCl. The salt melt method was chosen because it gives high purity results and good morphology. Based on the results of the characterization using the XRD instrument, the samples synthesized with KCl and NaCl-KCl salts are known to be pure, but in the samples with NaCl salts there are impurities which are known to be TiO₂ compounds. This good particle morphology can maximize the photocatalytic activity of the synthesized compounds. The compound SrBi₄Ti_{3.9}Fe_{0.1}O₁₅ has a plate-like shape, it can be seen from the results of micrograph but tends to form agglomerations. Based on the calculation of the band gap energy, the values for the samples synthesized with NaCl salt were obtained; KCl; NaCl-KCl in order 2.31; 2.27 and 2.21 eV.

الملخص

الصالحه، نور الفطرة. ٢٠٢٢. تخليق مركب $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ باستخدام طريقة ذوبان الملح. البحث الجامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: د. أنطون براسيتيو، الماجستير. المشرف الثاني: د. الحاج محمد إمام الدين، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ ، طريقة ذوبان الملح، محفز ضوئي، المنشطة الحديدية.

يستخدم المركب $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ كمحفز ضوئي لتحلل نفايات الصبغة. لأنه شبه الموصلات ذات طاقة فجوة نطاق تبلغ $3,0 \text{ eV}$. ومع ذلك، فإن نشاط المحفز الضوئي لمركب $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ لا يزال غير مثالي، لأنه يحتوي على طاقة فجوة النطاق كبيرة ولديه مورفولوجيا جسيمات ضعيفة، وبالتالي تمت إضافة المنشطة في شكل معدن Fe كمحاولة لزيادة نشاط المحفز الضوئي عن طريق تقليل طاقة فجوة النطاق. تم إجراء تخليق مركب $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ في هذا البحث بطريقة ذوبان الملح باستخدام ملح واحد من كلوريد الصوديوم (NaCl) وكلوريد البوتاسيوم (KCl) والخليط بينهما. تم اختيار طريقة ذوبان الملح لأنها تعطي نتيجة للنقاء العالي والشكل المورفولوجي الجيد. أشار حيود العينات إلى تخليقها باستخدام ملح كلوريد البوتاسيوم (KCl) والخليط بينهما نقيه، ولكن في العينات التي تحتوي على ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) هناك شوائب معروفة بأنها مركب TiO_2 . هذا الشكل المورفولوجي الجيد للجسيمات يمكن أن يزيد من نشاط المحفز الضوئي للمركبات المركبة. يحتوي المركب $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ على شكل يشبه اللوحة التي تتصور من الصورة المجهرية ولكنه يميل إلى تكوين كتل (*Agglomeration*). واعتمادا إلى حساب قيمة طاقة فجوة النطاق التي تم الحصول عليها للعينات التي تم تصنيعها باستخدام ملح كلوريد الصوديوم (NaCl)؛ وكلوريد البوتاسيوم (KCl)؛ والخليط بينهما بالتتابع $2,31$ ؛ $2,27$ و $2,21 \text{ eV}$.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil di Indonesia mengalami perkembangan cukup pesat dengan ditandai bermunculan pabrik-pabrik tekstil yang berskala besar maupun berskala rumahan. Keberadaan industri tekstil di Indonesia selain memberikan dampak baik berupa perkembangan ekonomi bagi masyarakat, namun juga dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan. Masalah tersebut di antaranya pencemaran lingkungan yang terjadi akibat adanya limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil seperti metilen biru, metil orange, rhodamin B dan zat warna lainnya. Beberapa metode pengolahan limbah cair tekstil telah dikembangkan antara lain klorinasi, ozonasi, dan biodegradasi, selain itu juga terdapat alternatif lain yaitu dengan metode fotokatalis (Cui, dkk., 2016).

Kewajiban bagi manusia sebagai makhluk hidup yang paling sempurna di bumi untuk menjaga kelestarian lingkungan serta mencegah kerusakan di muka bumi, seperti yang telah dijelaskan dalam Firman Allah Swt. pada surat al-A'raf ayat 56 yang berbunyi:

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

Artinya: *“Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.”*

Berdasarkan Firman Allah Swt. pada surat al-A'raf ayat 56 Allah Swt. melarang manusia untuk melakukan kegiatan yang bisa merusak bumi, apalagi dengan sengaja membuat kerusakan tanpa memperbaikinya. Seperti pada tafsir Ibnu Katsir (2008) Allah Swt. melarang perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi. Allah melarang manusia berbuat kerusakan yang tidak diperbaiki kembali, merusak sumber kehidupan di bumi (melakukan pencemaran) dan berbuat maksiat. Hal tersebut dapat membahayakan hamba Allah dan memerintahkan kepada mereka untuk menyembah-Nya dan berdoa kepada-Nya serta berendah diri dan memohon belas kasih-Nya.

Salah satu cara untuk menjaga kelestarian bumi adalah mencegah pencemaran pada air. Limbah zat warna dari industri tekstil merupakan salah satu penyebab pencemaran pada air. Air adalah elemen penting dalam kehidupan, air merupakan nikmat dari Allah Swt. dan mempunyai kedudukan yang tinggi seperti dalam Firman Allah Swt. pada surat al-Baqaroh ayat 164 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ
بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ
فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لآيَاتٍ
لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya: “*Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air, lalu dengan itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering), dan Dia tebarkan di dalamnya bermacam-macam binatang, dan perkisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh, merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti*”.

Dalam tafsir Kemenag RI dijelaskan pada ayat ini menerangkan keutamaan air yang diturunkan Allah Swt. dari langit berupa hujan sebagai rahmat bagi makhluknya. Kemudian dari air ini bumi menjadi subur, tumbuh berbagai jenis tanaman dan hidup bermacam-macam jenis hewan. Jika tidak ada air di bumi maka tidak akan ada kehidupan karena semua makhluk hidup memerlukan air sebagai sumber kehidupannya. Air menjadi salah satu bukti bahwa Allah Maha Esa dan Maha Menciptakan. Dan air menjadi tanda kebesaran Allah Swt. bagi umatnya yang mau berpikir dan beriman kepada-Nya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan manusia untuk menjalankan perintah Allah Swt. berupa menjaga kelestarian bumi adalah dengan menjaga lingkungan dan berusaha memperbaiki yang telah rusak. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi pencemaran di air adalah dengan mendegradasi limbah cair dengan fotokatalis.

Fotokatalis merupakan suatu proses yang terjadi ketika material semikonduktor dikenai cahaya kemudian semikonduktor tersebut menyerap energi yang sama atau lebih besar dari energi celah pita, sehingga elektron akan tereksitasi menuju pita konduksi dan meninggalkan sebuah *hole* pada pita valensi (Huang, dkk., 2016). Metode fotokatalis ini memiliki kelebihan di antaranya, tidak menggunakan tambahan bahan kimia lain, cahaya yang digunakan juga bisa berasal dari cahaya matahari sehingga sumber energinya tidak terbatas (Lee & Park, 2013).

Salah satu golongan senyawa yang telah dilaporkan dapat digunakan sebagai material fotokatalis adalah senyawa berstruktur Aurivillius. Secara umum senyawa Aurivillius memiliki formulasi $A_{n-1}B_nO_{3n+3}$, dengan $n = 1,2,3\dots$ yang tersusun sebagai kombinasi antara struktur $[Bi_2O_2]^{2+}$ dengan struktur yang berbasis perovskite $[A_{n-1}B_nO_{3n+3}]^{2-}$. Posisi kation-A dapat diisi oleh unsur yang mempunyai

kation berukuran besar misalnya Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} , dan Ln^{3+} . Sedangkan B dapat diisi oleh kation berukuran kecil misalnya Fe^{3+} , Mn^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} , Nb^{5+} , atau W^{6+} (Zhang, dkk., 2018). Lee dan Park (2013) melaporkan bahwa senyawa Aurivillius dapat digunakan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi limbah polutan dalam air yang berupa senyawa-senyawa organik misalnya zat pewarna.

Senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ merupakan salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai fotokatalis, energi celah pita dari senyawa ini adalah 3,02 eV (Haikal & Prasetyo, 2021). Untuk memperkuat efek fotokatalis dari suatu senyawa maka diperlukan sebuah metode untuk memperkecil energi celah pita dari senyawa tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah menambahkan doping logam pada senyawa fotokatalis, logam yang biasa digunakan adalah logam-logam transisi. Salah satu logam transisi yang dapat digunakan sebagai doping adalah Fe (Liu, dkk., 2017).

Logam Fe dipilih sebagai dopan karena terbukti dapat menurunkan energi celah pita dari sebuah senyawa. Indra (2020) melaporkan bahwa senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ yang telah didoping dengan logam Fe menjadi senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ memiliki energi celah pita yang lebih rendah yaitu 2,01 eV. Penurunan energi celah pita menjadikan efek fotokatalis yang lebih kuat karena jarak antara pita valensi dan pita konduksi menjadi lebih dekat sehingga memudahkan perpindahan elektron (Lee & Park, 2013). Senyawa yang telah didoping dengan logam Fe dilaporkan dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi senyawa metil orange, senyawa fotokatalis tanpa doping Fe mendegradasi metil orange sebanyak 11%. Sedangkan senyawa fotokatalis yang

didoping dengan Fe dapat mendegradasi metil orange sebanyak 85% (Kanakaraju, dkk., 2019). Berdasarkan data yang telah dilaporkan terbukti dopan Fe dapat menurunkan energi celah pita dan dapat memperbesar efek fotokatalis dari suatu senyawa.

Aktivitas fotokatalis suatu senyawa Aurivillius juga dipengaruhi oleh morfologi partikelnya. Semakin baik morfologi dari partikelnya maka aktivitas fotokatalisnya akan semakin baik. Pada sebuah penelitian sebelumnya diperoleh hasil bahwa senyawa fotokatalis berstruktur Aurivillius yaitu $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ yang mempunyai morfologi partikel yang baik dapat mendegradasi rhodamin B enam kali lebih cepat dibandingkan dengan senyawa fotokatalis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ yang morfologi partikelnya kurang baik. Hal ini dikarenakan suatu senyawa yang memiliki permukaan yang luas, bentuk partikel yang khas, ukuran partikel yang kecil dan bentuk yang seragam akan memberikan hasil yang lebih baik dalam mendegradasi suatu limbah cair organik pada perairan (Chen, dkk., 2016).

Metode sintesis untuk senyawa padatan yang banyak digunakan salah satunya adalah metode lelehan garam. Metode ini dianggap efisien untuk sintesis senyawa padatan serta cukup sederhana dalam praktiknya. Metode lelehan garam memberikan morfologi berupa nanopartikel yang baik untuk material fotokatalis. Selain itu, dengan metode lelehan garam diperoleh keseragaman bentuk dan ukuran pada permukaan senyawa hasil sintesis. Dengan kelebihan ini metode lelehan garam memberikan keuntungan untuk sebuah material dijadikan sebagai fotokatalis karena dapat mempermudah proses pemisahan polutan yang terdapat dalam limbah cair (Gupta & Mao, 2021). Senyawa Aurivillius banyak menggunakan metode lelehan garam untuk proses sintesis sebab metode lelehan garam memberikan hasil

berupa struktur khas dan morfologi yang baik (Wendari, dkk., 2020). Metode lelehan garam menggunakan suhu tinggi pada proses sintesisnya yang memungkinkan pertumbuhan kristal membentuk *plate-like* dengan ukuran yang besar pada senyawa Aurivillius (Moure, 2018).

Garam yang digunakan dalam metode lelehan garam dapat berupa garam tunggal dan garam campuran, biasanya berupa garam golongan klorida, nitrat, sulfat dan oksida. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan garam golongan klorida. Tujuan pencampuran garam adalah menurunkan titik leleh garam sehingga diperoleh titik eutektik campuran garam. Rasio pada garam campuran berbeda-beda berdasar pada jenis garam yang digunakan, misalnya pada campuran garam NaCl-KCl menggunakan rasio 1:1. Pemilihan garam harus memperhatikan beberapa faktor diantaranya titik leleh yang rendah, stabilitas dan kelarutan dalam air yang tinggi sehingga dapat memudahkan pencucian setelah proses sintesis (Gupta & Mao, 2021). Liu, dkk., (2020) melaporkan penggunaan garam klorida menghasilkan produk yang memiliki morfologi yang baik dengan tingkat aglomerasi yang rendah, sedangkan pada senyawa yang disintesis menggunakan garam nitrat tingkat aglomerasinya tinggi.

Berdasarkan uraian di atas maka senyawa Aurivillius berpeluang digunakan sebagai fotokatalis yang baik dan dapat meningkatkan kinerjanya maka dapat dilakukan pendopingan dengan logam-logam transisi dan juga dapat memanfaatkan metode sintesis lelehan garam untuk mendapatkan morfologi yang baik sehingga diharapkan mempunyai aktivitas fotokatalis yang baik. Dalam penelitian ini dilakukan sintesis senyawa Aurivillius berupa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan metode lelehan garam, dengan variasi garam NaCl; KCl dan garam campuran NaCl-KCl

pada suhu 850 °C untuk membandingkan hasil struktur, morfologi dan energi celah pita senyawa yang disintesis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh garam yang digunakan pada proses sintesis terhadap struktur, morfologi dan energi celah pita dari senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan menggunakan variasi garam NaCl; KCl dan garam campuran NaCl-KCl?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh garam yang digunakan dalam metode lelehan garam terhadap struktur, morfologi dan celah pita dari senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$.

1.4 Batasan Masalah

Sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dilakukan dengan suhu 850 °C selama 8 jam.

1.5 Manfaat Penelitian

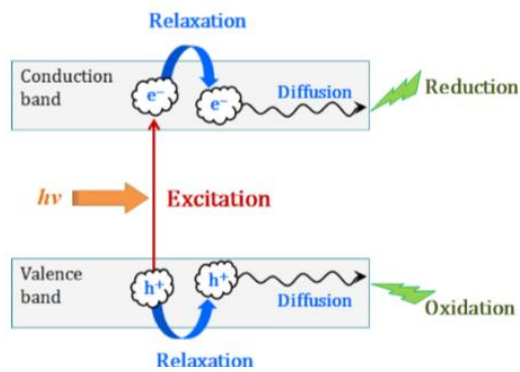
Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi garam dengan hasil terbaik pada struktur, morfologi dan celah pita dari senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ pada metode lelehan garam sehingga dapat dijadikan acuan bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan gabungan dari reaksi fotokimia dengan katalis. Fotokatalis adalah reaksi yang memanfaatkan sinar matahari sebagai energi yang bersih dan tidak pernah habis. Fotokatalis memanfaatkan energi sinar matahari secara lebih efisien dengan cara mengubahnya menjadi energi kimia (Wang, dkk., 2018). Bahan yang biasa digunakan sebagai fotokatalis adalah molekul semikonduktor. Molekul semikonduktor digunakan karena mempunyai pita valensi (VB) yang ditempati oleh elektron yang stabil dan pita konduksi (CB) yang kosong, dengan celah pita yang tidak terlalu besar, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Lee & Park, 2013).



Gambar 2.1 Ilustrasi pembentukan pembawa fotoinduksi (e^-/h^+) pada absorpsi sinar UV (Lee & Park, 2013).

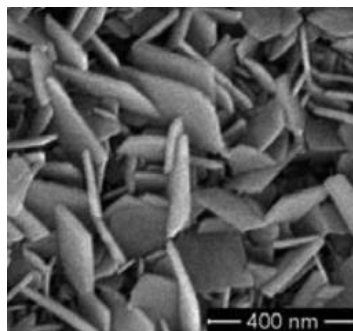
Fotokatalis banyak dimanfaatkan sebagai bahan untuk mendegradasi limbah zat pewarna di perairan. Proses fotokatalitik ini diawali dengan penyinaran semikonduktor dengan sinar dan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi.

Elektron yang dihasilkan (e^-) dan *hole* (h^+) yang berpindah menghasilkan reaksi redoks, sehingga menyebabkan dekomposisi pewarna organik. Faktor yang mempengaruhi aktivitas fotokatalis di antaranya adalah energi celah pita, ukuran dan morfologi dari senyawa fotokatalis (Cui, dkk., 2016).

Efek fotokatalis suatu senyawa dapat ditingkatkan, salah satu metode yang dapat digunakan adalah menambahkan logam transisi sebagai doping. Logam yang dapat digunakan sebagai doping salah satunya adalah logam Fe. Kanakaraju, dkk. (2019) melaporkan bahwa senyawa yang didoping dengan ion Fe dapat menurunkan energi celah pita senyawa TiO_2 dari 3,2 menjadi 2,76 eV. Logam Fe sebagai dopan mempunyai kemampuan untuk memperkecil energi celah pita dan mengurangi rekombinasi pasangan elektron-*hole* (Kanakaraju, dkk., 2019).

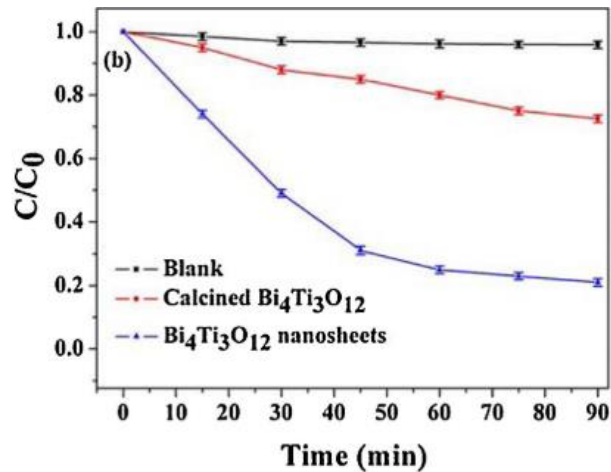
2.2 Pengaruh Morfologi Partikel terhadap Aktivitas Fotokatalis

Aktivitas fotokatalis dari suatu senyawa dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu faktor yang berpengaruh adalah morfologi partikel dari senyawa tersebut. Suatu senyawa yang memiliki morfologi partikel yang baik akan memperbesar aktivitas fotokatalis dari senyawa tersebut. Chen, dkk. (2016) melaporkan bahwa senyawa Aurivillius yang memiliki morfologi partikel yang baik mampu mendegradasi rhodamine B sebanyak 79,2%. Gambar 2.2 menunjukkan morfologi senyawa yang baik sehingga aktivitas fotokatalis lebih tinggi dan dapat mendegradasi limbah zat cair secara maksimal.



Gambar 2.2 Hasil SEM senyawa Aurivillius dengan morfologi yang baik (Chen, dkk., 2016).

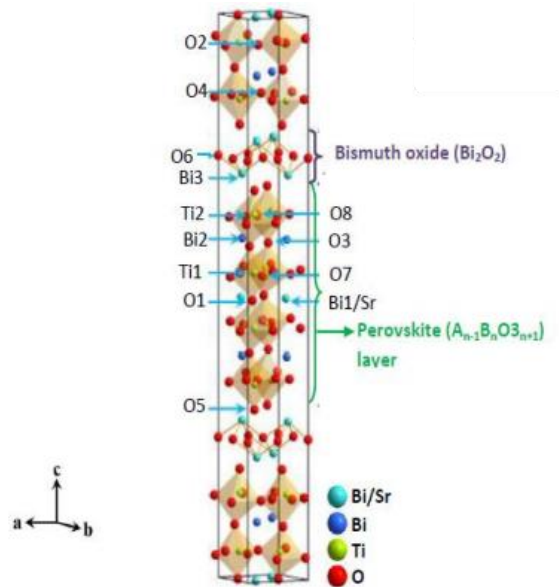
Morfologi partikel memberikan pengaruh terhadap aktivitas fotokatalisnya, sebab senyawa yang memiliki morfologi partikel yang khas, permukaan yang luas, ukuran partikel yang kecil dan seragam, serta bentuk yang seragam akan memberikan hasil yang maksimal dalam mendegradasi limbah zat warna (Chen, dkk., 2016). Senyawa dengan morfologi partikel yang baik dapat mendegradasi limbah rhodamin B secara lebih maksimal seperti pada Gambar 2.3, pada grafik tersebut menunjukkan senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ yang memiliki morfologi yang baik dapat lebih maksimal mendegradasi limbah rhodamin B dibandingkan dengan senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ yang mempunyai morfologi partikel yang kurang baik. Dalam penelitian sebelumnya melaporkan bahwa senyawa fotokatalis BiFeO_3 dapat mendegradasi zat warna metilen biru sebanyak 2%. Sedangkan senyawa yang sama yang telah disintesis dan memiliki morfologi partikel yang baik dapat mendegradasi zat warna metilen biru sebanyak 38% (Wei, dkk., 2012). Hal ini membuktikan bahwa morfologi partikel dari suatu senyawa dapat mempengaruhi aktivitas fotokatalisnya.



Gambar 2.3 Efisiensi fotodegradasi rhodamin B pada senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan morfologi partikel yang berdeda (Chen, dkk., 2016).

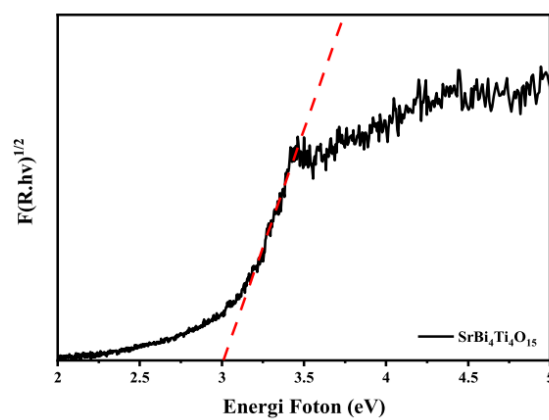
2.3 Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

Stronsium bismut titanat ($\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ atau biasa disebut SBT) merupakan senyawa turunan berbasis bismut berstruktur lapis oksida feroelektrik yang penerapannya pada sensor dengan sensitifitas yang tinggi, sistem penyimpanan misalnya *non-volatile ferroelectric random access memories* (NVRAMs). Struktur kristal dari senyawa SBT terdiri atas tumpukan lapisan yang terdiri dari blok perovskite dengan formulasi $(A_{n-1}B_nO_{3n+1})^{2-}$ dengan kombinasi struktur $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ di sepanjang sumbu c , dengan n menunjukkan jumlah lapisan perovskite. Oleh karena itu sel satuan SBT terdiri dari struktur seperti jaringan oktahedral oksigen terkait sudut dengan ion titanium (Ti^{4+}) di B dan ion stronsium (Sr^{2+}), bismut (Bi^{3+}) pada posisi interstisial A seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 (Nayak & Singh, 2018).

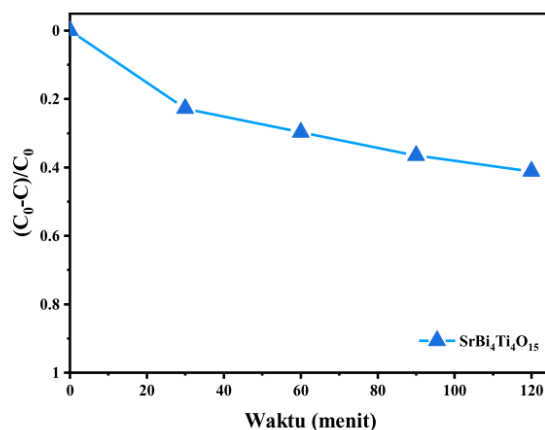


Gambar 2.4 Senyawa lapis empat $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (Nayak & Singh, 2018)

Selain digunakan sebagai sensor dan sistem penyimpanan senyawa SBT juga dapat digunakan sebagai senyawa fotokatalis. Senyawa SBT dilaporkan berpotensi sebagai senyawa fotokatalis yang dapat mendegradasi limbah zat warna sebab memiliki energi celah pita 3,02 eV. Senyawa SBT ini mampu mendegradasi zat warna berupa larutan rhodamine B sebanyak 41,10% dalam waktu 120 menit (Haikal & Prasetyo, 2021).



Gambar 2.5 Plot Tauc $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (Haikal & Prasetyo, 2021).



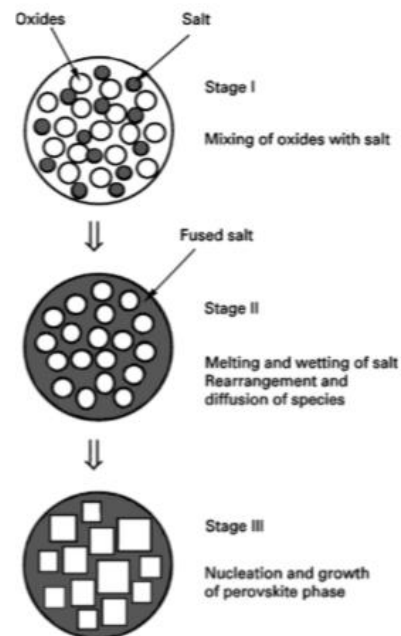
Gambar 2.6 Aktivitas $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dalam mendegradasi rhodamin B (Haikal & Prasetyo, 2021).

2.4 Metode Lelehan Garam

Metode lelehan garam merupakan salah satu metode yang digunakan dalam sintesis material anorganik. Metode ini mudah dan sederhana untuk dilakukan. Metode lelehan garam ini dipilih karena mudah, ramah lingkungan, serta memiliki kristalinitas dan kemurnian yang tinggi dengan komposisi dan morfologi material yang dapat dikontrol (Xue, dkk., 2018).

Sintesis menggunakan metode lelehan garam terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama merupakan oksidasi atau pencampuran dari prekursor dengan garam, dengan perbandingan jumlah garam lebih besar dibandingkan jumlah prekursor. Tahap kedua dilanjutkan dengan pemanasan, yaitu prekursor dan garam yang telah dicampurkan dipanaskan pada suhu di atas titik leleh dari garam yang digunakan hingga membentuk *molten flux*. Pada tahap ini prekursor akan berhamburan, berdisosiasi, terjadi penataan ulang dan menyebar keseluruh garam. Kemudian tahap ketiga yaitu partikel yang telah dipanaskan didinginkan pada suhu ruang sehingga akan terbentuk partikel produk yang diinginkan. Kemudian produk dicuci menggunakan air hangat sehingga garam-garam yang menempel pada produk

dapat hilang. Lalu produk tersebut dikeringkan menggunakan oven (Xue, dkk., 2018).

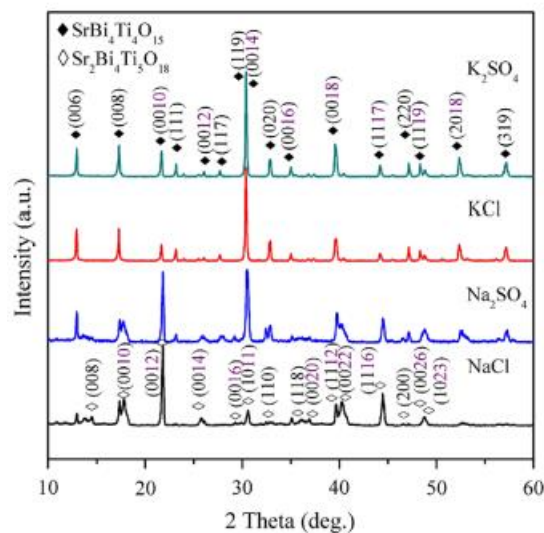


Gambar 2.7 Proses sintesis metode lelehan garam (Xue, dkk., 2018).

Metode lelehan garam terbukti efektif menghasilkan morfologi Aurivillius yang khas berbentuk *plate-like*. Mekanisme pembentukan morfologi *plate-like* menggunakan metode lelehan garam sebagai berikut: (1) reaksi padatan dan nukleasi, (2) proses pembentukan morfologi *plate-like*, (3) proses difusi dan nukleasi tepi, dan (4) proses difusi dan pertumbuhan kristal. Jenis dan rasio mol garam juga menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi ukuran dan ketebalan partikel *plate-like* (Zhao, dkk., 2014).

2.5 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

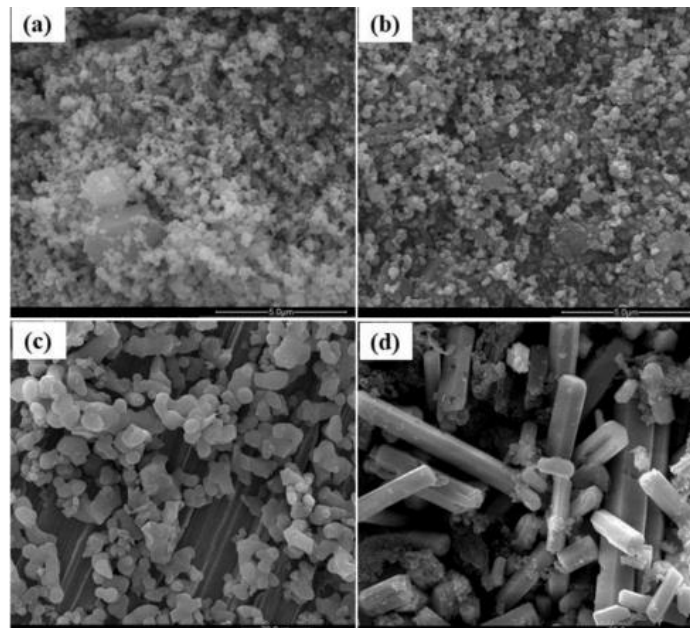
Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dapat disintesis menggunakan metode lelehan garam, metode ini dipilih karena sederhana dalam praktiknya, bahan yang digunakan mudah untuk ditemukan dan memberikan produk yang memiliki morfologi partikel yang baik. Chang, dkk. (2014) melaporkan bahwa berhasil mensintesis senyawa SBT menggunakan metode lelehan garam. Senyawa SBT disintesis dengan beberapa jenis garam yaitu NaCl , Na_2SO_4 , KCl , K_2SO_4 dan memperoleh hasil difraktogram seperti Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (Chang, dkk., 2014).

Garam yang sering digunakan dalam metode lelehan garam adalah golongan nitrat, hidroksida, klorida dan sulfat. Pada sintesis material oksida logam kompleks menggunakan campuran garam untuk menurunkan titik lelehnya dan mempermudah dalam pembentukan produk. Garam campuran yang biasa digunakan adalah alkali-halida NaCl/KCl yang masing-masing memiliki titik leleh 801 dan 770 °C (Gupta & Mao, 2021). Garam cair memiliki peran penting dalam

proses sintesis material anorganik, di antaranya adalah untuk menurunkan suhu reaksi, meningkatkan laju reaksi dan homogenitas campuran reaksi, mengontrol ukuran partikel, bentuk dan laju aglomerasi. Karena jarak difusi pendek antara reaktan yang berbeda dan mobilitas spesies reaktan yang cukup tinggi (Liu, dkk., 2020). Liu, dkk. (2020) melaporkan bahwa penggunaan garam NaCl dan KCl dapat memberikan hasil morfologi partikel yang baik seperti pada Gambar 2.9 dalam penelitian tersebut menggunakan beberapa jenis garam yaitu KNO_3 , NaNO_3 , KCl dan NaCl.



Gambar 2.9 Hasil SEM dengan jenis garam yang berbeda (a) KNO_3 , (b) NaNO_3 , (c) KCl, (d) NaCl (Liu, dkk., 2020).

Hasil sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dikarakterisasi dengan instrumen XRD untuk mengetahui tentang struktur, orientasi kristal, fase dan parameter struktural lainnya seperti kristalinitas, regangan ukuran butir rata-rata dan cacat kristal. Instrumen XRD didasarkan pada interaksi antara sinar monokromatik dan sampel

kristal. Sinar-X dihasilkan oleh tabung katoda, sinar-X diteruskan untuk menghasilkan radiasi monokromatik kemudian ditembakkan ke sampel untuk menghasilkan pola difraksi. Instrumen XRD menganut Hukum Bragg, yaitu $n\lambda = 2d \sin \theta$, n adalah bilangan bulat, λ adalah panjang gelombang sinar-X, d adalah jarak antara bidang yang menghasilkan difraksi dan θ adalah sudut difraksi (Bunaciu, dkk., 2015).

Morfologi partikel dari senyawa yang disintesis dapat dilihat dengan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM). SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang dapat menggambarkan spesimen dengan memindainya menggunakan sinar elektron berenergi tinggi. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi dibandingkan mikroskop cahaya yang hanya mampu mencapai 200 nm, sedangkan elektron mencapai resolusi 0,1-0,2 nm. Elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang topografi permukaan, spesimen, komposisi dan karakteristik lainnya seperti konduktivitas listrik (Wijayanto, 2013).

Aktivitas fotokatalis dari senyawa yang disintesis dapat dilihat dari energi celah pita dari senyawa tersebut. Energi celah pita ini dapat diukur menggunakan instrumen UV-Vis DRS. Metode karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS adalah interaksi antara sampel dengan elektromagnetik untuk memperoleh sifat tertentu dari senyawa yang dikarakterisasi. Interaksi sampel dengan elektromagnetik ini menghasilkan suatu *diffuse* reflektan, spekular, reflektan, refraksi, adsorpsi, emisi dan hamburan elastis (Reyleigh). *Diffuse* reflektan merupakan sumber sinar yang berinteraksi dengan bidang yang tidak rata pada kristal (Yurdakal, dkk., 2019).

Sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ digunakan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi limbah zat warna pada air. Air merupakan salah satu komponen yang penting bagi kehidupan manusia sebagaimana dijelaskan dalam Firman Allah Swt. pada surat al-Anbiya ayat 30 yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا^{٣٠} وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ

Artinya: “Apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi, keduanya, dahulu menyatu, kemudian Kami memisahkan keduanya dan Kami menjadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air? Maka, tidakkah mereka beriman?”

Ayat ini menjelaskan pentingnya air dalam kehidupan manusia, dalam tafsir Kemenag RI dijelaskan bahwa air merupakan unsur vital bagi kehidupan berbagai tumbuhan, hewan bahkan manusia tidak dapat bertahan hidup tanpa air. Selain itu manusia dan hewan juga berasal dari air yang disebut “nufthfah”. Air adalah salah satu nikmat dari Allah Swt. untuk makhluknya sehingga tidak ada alasan untuk tidak beriman kepada Allah Swt. Dari tafsir ayat tersebut diketahui bahwa air sangat penting bagi kehidupan, namun saat ini sumber-sumber air sudah banyak yang tercemar. Salah satu pencemarannya disebabkan oleh limbah zat warna. Sebagai makhluk Allah Swt. yang paling sempurna, manusia diharuskan untuk mengatasi masalah pencemaran air tersebut, sebagai salah satu bukti ketaatan kepada Allah Swt. dan mensyukuri nikmat Allah Swt. Untuk itu dilakukanlah sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang dapat dijadikan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi limbah zat warna. Sehingga dapat mengurangi dampak pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah zat warna di perairan dan menjaga keberlangsungan hidup

mahluk hidup lain sebagaimana tugas manusia yang diberikan Allah Swt. sebagai seorang khalifah.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisik Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, tanur, mortar agate, *hotplate*, corong, kertas saring, neraca analitik, seperangkat instrumen XRD, seperangkat instrumen SEM-EDS dan seperangkat instrumen UV-Vis DRS.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk SrCO₃ (Sigma Aldrich, 99,9%), serbuk Bi₂O₃ (Sigma Aldrich, 99,9%), serbuk TiO₂ (Sigma Aldrich, 99,9%), serbuk Fe₂O₃ (Sigma Aldrich, 99,9%), aseton dan akuades.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mensintesis senyawa SrBi₄Ti_{3,9}Fe_{0,1}O₁₅ dengan metode lelehan garam. Proses penelitian diawali dengan preparasi bahan yaitu menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan secara stoikiometri terhadap jumlah masing-masing bahan

yang dibutuhkan. Selanjutnya, prekursor dihaluskan bersama garam dengan variasi jenis garam NaCl; KCl dan NaCl-KCl. Kemudian dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu 830 dan 850 °C. Lalu sampel didinginkan pada suhu ruang. Kemudian hasil sintesis dicuci beberapa kali menggunakan akuades panas. Tahapan dilanjutkan dengan proses karakterisasi, karakterisasi dilakukan menggunakan berbagai instrumen yaitu XRD, SEM-EDS dan UV-Vis DRS.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Bahan

Proses sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dimulai dengan mencampurkan prekursor dan garam dengan rasio mol 1:7. Prekursor yang digunakan adalah SrCO_3 ; Bi_2O_3 ; TiO_2 ; Fe_2O_3 ; NaCl dan KCl sesuai dengan Tabel 3.1. Kemudian prekursor dan garam dihomogenkan dengan cara menggerusnya dalam mortar agate selama 1 jam dan ditambahkan aseton untuk mempermudah dalam menghomogenkan sampel.

Tabel 3.1 Komposisi prekursor senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan variasi jenis garam.

Jenis Garam	Massa Target (gram)	Massa Pereaksi (gram)					
		SrCO_3	Bi_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	NaCl	KCl
NaCl	3	0,3266	2,0620	0,6895	0,0176	0,9036	-
KCl	3	0,3266	2,0620	0,6895	0,0176	-	1,1547
NaCl/KCl	3	0,3266	2,0620	0,6895	0,0176	0,9036	1,1547

3.4.2 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam

Prekursor dan garam yang telah homogen dipanaskan dengan suhu 830 °C. Kemudian dilakukan pemanasan kedua dengan suhu 850 °C. Hasil produk dikeluarkan dari tanur dan diletakkan di atas kertas saring dan lalu disaring menggunakan corong Buchner. Sampel dicuci beberapa kali menggunakan akuades panas untuk menghilangkan garam alkali dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 90 °C selama 3 jam. Diulangi langkah yang sama menggunakan garam KCl dan campuran NaCl-KCl.

3.4.3 Karakterisasi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan XRD

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan mengidentifikasi fasa produk sintesis. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar menggunakan XRD dengan radiasi Cu K_α pada 40 kV dan 30 mA pada rentang 2θ (°) = 3-90.

3.4.4 Karakterisasi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan SEM-EDS

Karakterisasi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan SEM-EDS bertujuan untuk mengetahui bentuk morfologi, ukuran partikel dan komposisi dari unsur penyusun produk sintesis. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan SEM-EDS pada perbesaran 2.000; 7.000; 15.000 dan 20.000 kali.

3.4.5 Karakterisasi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan UV-Vis DRS

Karakterisasi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan UV-Vis DRS bertujuan untuk mengetahui intensitas cahaya yang diserap baik UV maupun sinar tampak dan besaran energi celah pita. Sampel digerus hingga berbentuk serbuk halus kemudian ditempatkan pada sample holder. Sampel diukur menggunakan DRS pada panjang gelombang 200-800 nm.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Data XRD

Data dari karakterisasi menggunakan XRD merupakan pola difraksi sinar X yang kemudian akan dibandingkan dengan standar $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ pada *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) nomor 51863. Dari data tersebut kemudian dianalisa menggunakan perangkat lunak *Rietica* dengan metode *Le-Bail*, tujuannya untuk mengidentifikasi data kristalografinya. Data difraksi sinar-X juga dapat menunjukkan kiralinitas dan kemurnian dari hasil sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ menggunakan metode lelehan garam.

3.5.2 Analisis Data SEM-EDS

Data dari karakterisasi menggunakan SEM-EDS berupa gambar yang memperlihatkan morfologi, ukuran partikel dan komposisi unsur-unsur dari senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$. Gambar tersebut akan diolah menggunakan perangkat lunak *image-J*, perangkat lunak *image-J* digunakan untuk menganalisis bentuk morfologi partikel dan dimensinya. Sehingga dapat dibandingkan hasil analisis dari berbagai garam yang digunakan.

3.5.3 Analisis Data UV-Vis DRS

Data dari karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS berupa reflektansi. Reflektansi ini dianalisa dengan persamaan Kubelka-Munk seperti pada persamaan 3.1 (Gu, dkk., 2017).

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

Dengan $F(R)$ merupakan faktor Kubelka Munk, K merupakan koefisien absorpsi molar, S merupakan koefisien *scattering* dan R merupakan nilai reflektan yang diukur. Nilai energi celah pita ditentukan dengan membuat plot antara energi foton ($h\nu$) sebagai sumbu x dan $(F(R).h\nu)^{1/2}$ sebagai sumbu y . Energi foton dapat dihitung dari data panjang gelombang yang terukur, dengan $h\nu = hc/\lambda$, c adalah ketetapan cahaya dan h adalah ketetapan Planck. Energi celah pita dihitung secara regresi linier pada nilai x ($h\nu =$ energi celah pita) ketika $y = 0$ (Gu, dkk., 2017).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini telah disintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan metode lelehan garam menggunakan variasi garam NaCl, KCl dan NaCl-KCl yang dipanaskan pada suhu 830 dan 850 °C selama 8 jam. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD, SEM-EDS dan UV-Vis DRS untuk mengetahui struktur kristal, morfologi partikel dan energi celah pita yang dihasilkan.

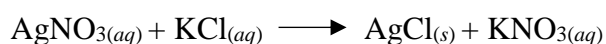
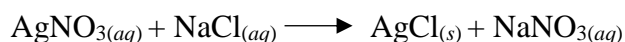
4.1 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam

Sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dilakukan dengan mereaksikan beberapa prekursor di antaranya: SrCO_3 ; Bi_2O_3 ; TiO_2 dan Fe_2O_3 dan garam NaCl, KCl serta NaCl-KCl. Sintesis dilakukan dengan menggerus semua prekursor dan garam dengan komposisi sesuai dengan perhitungan stoikiometri dan ditambahkan aseton untuk meningkatkan homogenitas dari sampel. Kemudian dilakukan pemanasan sebanyak dua kali, pemanasan pertama dengan suhu 830 dan 850 °C selama 8 jam. Suhu tersebut dipilih karena lebih tinggi dari titik leleh garam, karena pada metode ini garam harus dipanaskan hingga meleleh (Gupta & Mao, 2021).

Gambar 4.1 terlihat perubahan warna sampel yang awalnya berwarna kemerahan berubah menjadi kuning terang menandakan perubahan senyawa sebelum dan sesudah proses kalsinasi. Perubahan warna ini berhubungan dengan reaksi kimia yang terjadi. Dalam sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Setelah proses pemanasan sampel didinginkan pada suhu ruang, lalu sampel dicuci menggunakan akuades panas hingga sampel bersih dari garam. Sampel diuji menggunakan larutan AgNO_3 untuk memastikan sampel bersih dari garam, jika terbentuk endapan putih maka masih terdapat garam dalam sampel. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



4.2 Karakterisasi dan Analisis Data XRD

Difraktogram sampel $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ ditampilkan pada Gambar 4.2. Dari hasil perbandingan sampel dan standar $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ pada ICSD 51863 dapat diketahui bahwa senyawa target $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ berhasil disintesis yang ditandai dengan keberadaan puncak-puncak difraktogram yang sama antara sampel dengan standar. Puncak difraktogram khas senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ ditemukan pada posisi 2θ ($^\circ$)=17,3; 21,7; 23,2; 27,7; 30,4; 32,9; 39,7; 47,2; 52,3 dan 57,1 untuk puncak-puncak difraktogram lainnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Hasil sintesis dengan menggunakan garam NaCl ditemukan puncak tambahan pada posisi $2\theta=30,75^\circ$ yang identik dengan puncak senyawa TiO_2 yang mengindikasikan keberadaan senyawa pengotor berupa TiO_2 dalam sampel yang disintesis menggunakan garam NaCl . Senyawa TiO_2 ini merupakan sisa prekursor yang tidak bereaksi ketika terjadi proses pembentukan senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$.

Dari hasil difraktogram menunjukkan bahwa jenis garam berpengaruh terhadap hasil senyawa yang diperoleh. Pada senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang disintesis menggunakan garam KCl dan NaCl-KCl memiliki kristalinitas dan kemurnian yang tinggi, hal ini ditandai dengan puncak-puncak yang tajam dan tidak

ditemukan puncak baru. Sedangkan pada senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang disintesis menggunakan garam NaCl ditemukan puncak baru yang menandakan terdapat pengotor berupa senyawa TiO_2 . Chang dkk. (2014) melaporkan bahwa sampel yang disintesis menggunakan garam KCl seluruhnya berhasil membentuk senyawa target, sedangkan sampel yang disintesis menggunakan garam NaCl membentuk fase lain selain senyawa target. Hal tersebut dapat terjadi karena kelarutan TiO_2 dalam lelehan garam kalium lebih tinggi dibandingkan dalam lelehan garam natrium. Hubungan kelarutan antara oksida dan lelehan garam sangat penting dalam menentukan fase pembentukan inti kristal (Chang dkk., 2014). Pengotor pada sampel juga dapat dipengaruhi oleh titik leleh dari garam yang digunakan. Pada sampel yang disintesis menggunakan garam NaCl yang memiliki titik leleh 801°C terdapat pengotor, sedangkan sampel yang disintesis menggunakan garam KCl dan NaCl-KCl yang mempunyai titik leleh 770 dan 658°C tidak terdapat pengotor. Ini menandakan bahwa titik leleh dari garam yang digunakan dapat mempengaruhi kemurnian dari produk senyawa yang disintesis. Gupta & Mao (2021) melaporkan bahwa titik leleh menjadi salah satu syarat pemilihan jenis garam pada metode lelehan garam. Selain itu, Liu dkk. (2020) melaporkan bahwa sampel yang disintesis menggunakan garam yang mempunyai titik lelehan yang lebih rendah memiliki hasil yang lebih baik. Hal tersebut sesuai dengan hasil pada penelitian ini.

Gambar 4.3 menunjukkan pergeseran puncak difraktogram pada posisi $2\theta=30,80^\circ$ menunjukkan adanya pergeseran kearah kanan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan ukuran kisi kristal yang terjadi akibat adanya penambahan doping Fe pada senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang menggantikan sebagian kecil atom

Ti. Pergeseran kearah kanan terjadi karena ukuran jari-jari atom Fe^{3+} (0,064 nm) yang lebih kecil dibandingkan jari-jari atom Ti^{4+} (0,068 nm) (Gu dkk., 2017).

4.3 Refinement Difraktogram Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$

Plot *refinement* difraktogram sampel $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang disintesis dengan garam KCl dan NaCl-KCl ditampilkan pada Gambar 4.4 dan hasilnya dirangkum pada Tabel 4.1. Dari hasil *refinement* dapat diketahui bahwa nilai R_p 11,39 dan nilai R_{wp} 9,58 untuk sampel yang disintesis dengan garam KCl sedangkan untuk sampel yang disintesis dengan garam NaCl-KCl memiliki nilai R_p 10,45 dan R_{wp} 9,23. Nilai R_p dan R_{wp} di bawah angka 15 menandakan bahwa sampel yang disintesis memiliki kesesuaian yang baik dengan standar.

4.4 Karakterisasi dan Analisis Data SEM-EDS

Morfologi partikel senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ ditampilkan pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa morfologi sampel membentuk *plate-like* dan dengan ketebalan yang tipis yang tidak seragam. Sampel yang disintesis dengan garan NaCl memiliki bentuk yang tidak seragam dan tingkat aglomerasinya tinggi. Pada sampel yang disintesis dengan garam KCl memiliki bentuk yang lebih kecil meskipun tidak terlalu seragam dan terjadi aglomerasi. Sedangkan pada sampel yang disintesis dengan garam NaCl-KCl memiliki bentuk yang lebar namun lebih tipis dibandingkan sampel yang lain, dan terjadi aglomerasi.

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa garam yang digunakan pada proses sintesis mempengaruhi bentuk, ukuran dan morfologi dari senyawa yang dihasilkan. Sampel yang disintesis dengan garam NaCl memberikan bentuk yang lebih besar dan tipis namun tingkat aglomerasinya tinggi seperti pada Gambar 4.5a

sedangkan sampel yang disintesis dengan garam KCl memiliki ukuran yang lebih kecil dan tingkat aglomerasinya tidak begitu tinggi seperti pada Gambar 4.5b. Dan pada Gambar 4.5c yang disintesis dengan garam campuran memiliki bentuk yang relatif kecil, tipis dan tingkat aglomerasinya rendah.

Perbedaan bentuk dan ukuran pada senyawa terjadi akibat perbedaan lingkungan garam cair yang digunakan. Bidang kristalin dengan energi permukaan yang lebih rendah mungkin berkembang lebih baik karena lebih stabil dan juga bisa dikarenakan kelarutan komponen oksida dalam lelehan garam (Liu dkk., 2020). Selain itu perbedaan morfologi juga terjadi akibat perbedaan laju reaksi ketika proses nukleasi terjadi. Mekanisme pada metode lelehan garam adalah proses yang terdiri dari nukleasi partikel dan pertumbuhan kristal. Nukleasi bergantung pada laju kelarutan oksida yang bereaksi dalam lelehan garam. Sehingga pada kelarutan yang lebih tinggi akan memungkinkan proses pertumbuhan partikel yang lebih cepat sehingga diperoleh bentuk partikel yang kecil dan tipis (Li dkk., 2012). Hal tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini.

Aglomerasi yang terjadi pada sampel yang disintesis dengan garam tunggal dapat diakibatkan oleh kurang tingginya suhu yang digunakan. Chang, dkk. (2014) berhasil mensintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan bentuk morfologi yang baik dan bebas dari aglomerasi pada suhu $1100\text{ }^\circ\text{C}$. Sedangkan pada garam campuran terjadi aglomerasi karena suhu yang digunakan jauh lebih tinggi dari titik eutektik yaitu $658\text{ }^\circ\text{C}$, Gupta dan Mao (2020) melaporkan bahwa senyawa yang disintesis dengan suhu jauh di atas titik eutektik akan memberikan hasil yang kurang baik.

Dari hasil EDS yang diperoleh dapat terlihat bahwa atom-atom yang terkandung dalam sampel yang disintesis sesuai dengan atom target yang

diinginkan. Dan dapat terlihat bahwa penambahan doping Fe berhasil dilakukan, hal ini ditandai dengan adanya atom Fe yang berhasil diidentifikasi pada alat.

4.5 Karakterisasi dan Analisis Data UV-Vis DRS

Sampel dianalisis menggunakan instrumen UV-Vis DRS untuk mengetahui energi celah pita dan nilai reflektansi dari sampel yang disintesis. Grafik % reflektansi menunjukkan bahwa ketiga sampel bekerja pada panjang gelombang sekitar 400-700 nm yang menandakan sampel bekerja pada daerah sinar tampak, hal ini dipengaruhi oleh adanya doping Fe yang ditambahkan pada senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$.

Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ yang mempunyai energi celah pita sebesar 3,02 eV berhasil diturunkan energi celah pitanya dengan penambahan dopan Fe. Nilai energi celah pita ditentukan dengan membuat plot antara energi foton sebagai sumbu x dan $(F(R).h\nu)^{1/2}$ sebagai sumbu y . Energi celah pita yang diperoleh pada penelitian ini sebagai berikut:

Dari Tabel 4.2 menunjukkan bahwa dopan Fe terbukti dapat menurunkan energi celah pita dari senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ karena logam Fe sebagai dopan dapat menginduksi pergeseran serapan ke dalam rentang sinar tampak dengan mempersempit celah pita dan mengurangi laju rekombinasi elektron dan *hole* (Kanakaraju dkk., 2019). Dari data ini diketahui bahwa energi celah pita yang disintesis dengan variasi garam memiliki rentang nilai yang tidak terlalu jauh. Perbedaan nilai energi celah pita ini berkaitan dengan penataan ulang orbital molekul akibat adanya penambahan doping Fe. Transisi elektron yang terjadi dari pita valensi ($\text{Bi-6s} + \text{O-2p}$) menuju pita konduksi (Ti-3d) berubah menjadi orbital dari pita valensi ($\text{Bi-6s} + \text{O-2p}$) menuju pita konduksi (Fe-3d) setelah proses

penambahan doping Fe. Fenomena ini terjadi akibat adanya transfer muatan antara Fe^{3+} dan Ti^{4+} (Liu, dkk., 2017).

4.6 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dalam Perspektif Islam

Sintesis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dapat menjadi sarana kita untuk mengingat kebesaran Allah Swt. dan menerapkan tiga konsep muamalah yaitu *muamalah ma'a Allah*, *muamalah ma'a al-alam* dan *muamalah ma'a an-nas*. Penerapan *muamalah ma'a Allah* salah satunya melalui penelitian ini kita dapat mengingat Allah dengan meyakini bahwa segala sesuatu yang diciptakan Allah Swt. di dunia ini tidak ada yang sia-sia dan memiliki manfaat, seperti yang dijelaskan dalam Surat al-Imran ayat 190-191 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ۗ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ
 اللَّهَ قِيَمًا وَقُعودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا
 سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۗ

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinyamalam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”*”.

Dalam al-Quran kata akal diidentikan dengan “*al-albab*” jamak dari “*al-lub*”, sehingga kata “*ulul albab*” berarti orang-orang yang berakal. Dalam ayat ini menjelaskan bahwa orang yang berakal, dinginnya malam dan semua yang ada di dunia adalah bukti keesaan, kesempurnaan ilmu, kekuasaan dan kebesaran Allah Swt. Dalam tafsir al-Maraghi dikatakan bahwa “*Keberuntungan dan kemenangan*

akan tercipta dengan mengingat keagungan Allah dan memikirkan terhadap segala makhluk-Nya”. Kebahagiaan ini terwujud dengan segala temuan manusia di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang dapat dijadikan tanda-tanda untuk menafsirkan hukum-hukum dan fenomena di alam semesta. Ini membuktikan bahwa Allah telah menciptakan mineral-mineral dan unsur-unsur kimia seperti senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk mengurangi limbah pada perairan.

Kedua *muamalah ma'a al-alam*, senyawa ini dapat bermanfaat bagi alam sekitar yaitu untuk mengurangi pencemaran yang ada diperairan. Jika terdapat pencemaran yang ada di lingkungan hal tersebut akan menimbulkan kerusakan dan mengganggu ekosistem yang ada. Sesungguhnya Allah Swt. membenci kerusakan, seperti yang dijelaskan dalam al-Quran Surat al-Baqarah ayat 205 yang berbunyi:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَى فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ

Artinya: “Dan apabila ia berpaling (dari kamu), ia berjalan di bumi untuk mengadakan kerusakan padanya, dan merusak tanam-tanaman dan binatang ternak, dan Allah tidak menyukai kebinasaan.”

Dalam tafsir Quraish Shihab pada ayat ini dijelaskan “Apabila mereka memegang suatu kekuasaan, mereka tidak mengusahakan perbaikan. Bahkan mereka menggunakannya untuk merusak dan menghancurkan tanaman-tanaman dan binatang-binatang, Allah tidak menyukai orang-orang seperti ini, karena Allah tidak menyukai kerusakan”. Dalam ayat ini Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan termasuk merusak ekosistem berupa kerusakan tumbuhan dan binatang yang salah satunya dapat disebabkan oleh pencemaran limbah zat warna.

Sehingga diharapkan senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang disintesis pada penelitian ini dapat mengurangi kerusakan yang ada.

Ketiga *muamalah ma'a an-nas* yaitu penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi sesama manusia. Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi bahaya yang disebabkan oleh limbah zat warna yang dapat menimbulkan berbagai bahaya bagi manusia. Sebagaimana dijelaskan dalam hadis Rasulullah saw. yang berbunyi:

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

Artinya: "*Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia*" (HR. Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni. Hadits ini dihasankan oleh al-Albani di dalam *Shahihul Jami'*, No. 3289).

Hadis tersebut menjelaskan bahwa manusia yang baik adalah manusia yang memberikan manfaat bagi orang lain. Sehingga sudah menjadi tugas kita sebagai seorang muslim yang beriman dan berilmu untuk memberikan manfaat bagi sesama manusia. Melalui penelitian ini diharapkan menjadi usaha untuk memenuhi kewajiban tersebut.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ yang disintesis menggunakan garam KCl dan NaCl-KCl memiliki kemurnian yang tinggi dan tidak terdapat pengotor, sedangkan sampel yang disintesis menggunakan garam NaCl ditemukan pengotor berupa senyawa TiO_2 , sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis garam berpengaruh terhadap kemurnian senyawa yang disintesis. Hasil karakterisasi menggunakan SEM menunjukkan morfologi *plate-like* dan jenis garam memberikan pengaruh terhadap keseragaman dan ukuran partikel. Sedangkan hasil karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS menunjukkan energi celah pita NaCl; KCl dan NaCl-KCl secara berurutan 2,31 eV (537 nm); 2,27 eV (547 nm); 2,21 eV (561 nm). Hal ini menunjukkan bahwa doping Fe dapat menurunkan energi celah pita dari senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$.

5.2 Saran

Diperlukan pengujian fotokatalitik dari senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ untuk mengetahui kemampuan dan keefektifan dari sampel dalam mendegradasi limbah organik.

DAFTAR PUSTAKA

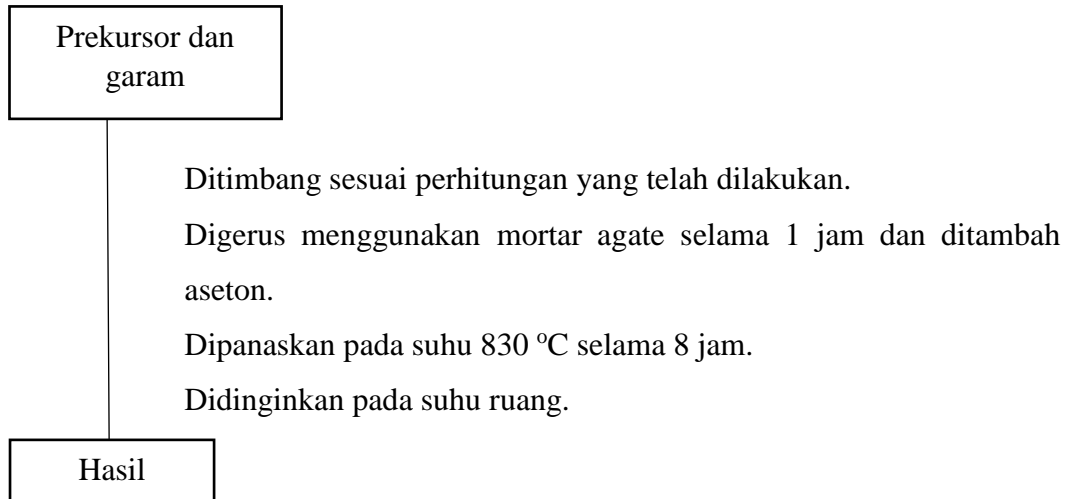
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. gabriela, & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), 289–299.
- Chang, Y., Wu, J., Yang, B., Zhang, S., Lv, T., & Cao, W. (2014). Synthesis and properties of high aspect ratio SrBi₄Ti₄O₁₅ microplatelets. *Materials Letters*, 12–15.
- Chen, Z., Jiang, H., Jin, W., & Shi, C. (2016). Enhanced photocatalytic performance over Bi₄Ti₃O₁₂ nanosheets with controllable size and exposed {001} facets for Rhodamine B degradation. *Applied Catalysis B: Environmental*, 180, 698–706.
- Cui, Z. M., Yang, H., Zhang, M., Zhang, H. M., Su, J. Y., & Li, R. S. (2016). Adsorption and photocatalysis performance of Bi₄Ti₃O₁₂ nanoparticles synthesized via a polyacrylamide gel route. *Materials Transactions*, 57(10), 1766–1770.
- Gu, D., Qin, Y., Wen, Y., Li, T., Qin, L., & Seo, H. J. (2017). Electronic structure and optical properties of V-doped Bi₄Ti₃O₁₂ nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*, 695, 2224–2231.
- Gupta, S. K., & Mao, Y. (2021). A review on molten salt synthesis of metal oxide nanomaterials: Status, opportunity, and challenge. *Progress in Materials Science*, 117(January 2019), 100734.
- Haikal, F., & Prasetyo, A. (2021). Uji Aktivitas Fotokatalis Senyawa Aurivillius Lapis Empat SrBi₄Ti₄O₁₅ Dalam Mendegradasi Rhodamine-B. *Al-Kimiya*, 8(1), 37–41.
- Huang, X. J., Yan, X., Wu, H. Y., Fang, Y., Min, Y. H., Li, W. S., Wang, S. Y., & Wu, Z. J. (2016). Preparation of Zr-doped CaTiO₃ with enhanced charge separation efficiency and photocatalytic activity. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 26(2), 464–471.
- Kanakaraju, D., Hazim Bin Ya, M., Akif Aizuddin Bin Jasni, M., Sufian Bin Endra, M., & Lim, Y. C. (2019). Fe Doped Titania Photocatalyst for Degradation of Methyl Orange. *Materials Today: Proceedings*, 19, 1657–1662.
- Lee, S., & Park, S. (2013). TiO₂ photocatalyst for water treatment applications. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 19, 1761–1769.
- Li, B. R., Liu, X. T., Chen, P. L., & Zheng, Y. S. (2012). Effect of salt species on characterization of Bi₃NbTiO₉ powders prepared by molten salt method. *Ceramics International*, 38(1), 105–110.

- Liu, R., Zhan, Y., Liu, L., Liu, Y., & Tu, D. (2020). Morphology analysis and luminescence properties of $\text{YVO}_4:\text{Sm}^{3+},\text{Eu}^{3+}$ prepared by molten salt synthesis. *Optical Materials*, 100(October 2019), 109633.
- Liu, Y., Zhu, G., Gao, J., Hojamberdiev, M., Zhu, R., Wei, X., Guo, Q., & Liu, P. (2017). Enhanced photocatalytic activity of $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ nanosheets by Fe^{3+} -doping and the addition of Au nanoparticles: Photodegradation of Phenol and bisphenol A. *Applied Catalysis B: Environmental*, 200, 72–82.
- Moure, A. (2018). Review and perspectives of Aurivillius structures as a lead-free Piezoelectric system. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(1).
- Nayak, P., & Singh, A. K. (2018). Correlation between orthorhombic distortion with relaxation and Conduction mechanism of Gd^{3+} modified $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ceramics. *Ceramics International*, 44(18), 22840–22849.
- Wang, L., Zhao, J., Liu, H., & Huang, J. (2018). Design, modification and application of semiconductor photocatalysts. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 93, 590–602.
- Wei, J., Li, H., Mao, S., Zhang, C., Xu, Z., & Dkhil, B. (2012). Effect of particle morphology on the photocatalytic activity of BiFeO_3 microcrystallites. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 23(10), 1869–1874.
- Wendari, T. P., Arief, S., Mufti, N., Insani, A., Baas, J., Blake, G. R., & Zulhadjri. (2020). Structural and multiferroic properties in double-layer Aurivillius phase $\text{Pb}_{0.4}\text{Bi}_{2.1}\text{La}_{0.5}\text{Nb}_{1.7}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_9$ prepared by molten salt method. *Journal of Alloys and Compounds*, 820(xxxx), 153145.
- Wijayanto, S. O. dan B. A. P. (2013). Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 1(4), 33–39.
- Xue, P., Wu, H., Lu, Y., & Zhu, X. (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 and Technology*, 34(6), 914–930.
- Yurdakal, S., Garlisi, C., Özcan, L., Bellardita, M., & Palmisano, G. (2019). (Photo)catalyst characterization techniques: Adsorption isotherms and BET, SEM, FTIR, UV-Vis, photoluminescence, and electrochemical characterizations. In *Heterogeneous Photocatalysis: Relationships with Heterogeneous Catalysis and Perspectives* (Vol. 331307484, Issue January).
- Zhao, Z., Li, X., Ji, H., & Deng, M. (2014). Formation mechanism of plate-like $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ particles in molten salt fluxes. *Integrated Ferroelectrics*, 154(1), 154–158.

LAMPIRAN

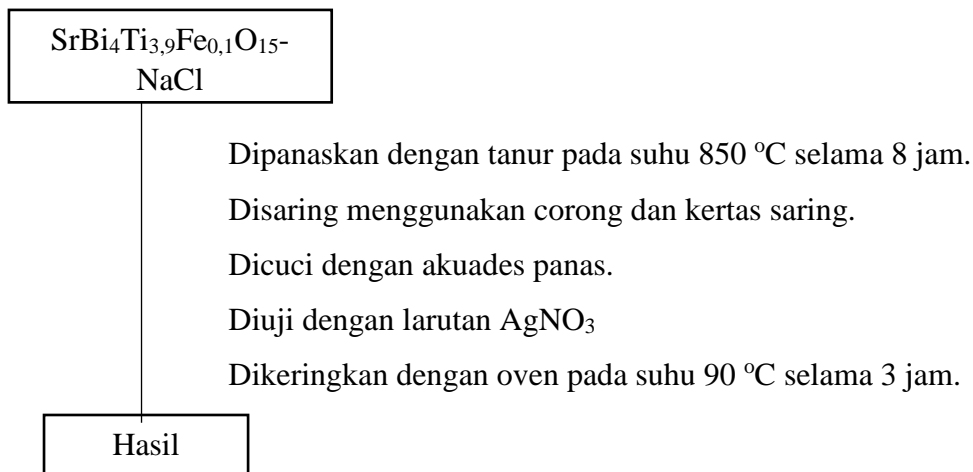
Lampiran 1. Diagram Alir

L.1.1 Preparasi Bahan

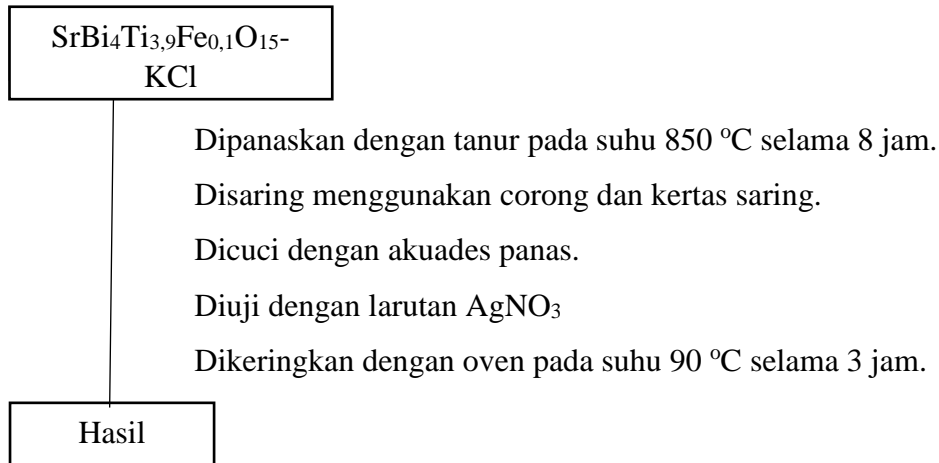


L.1.2 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam

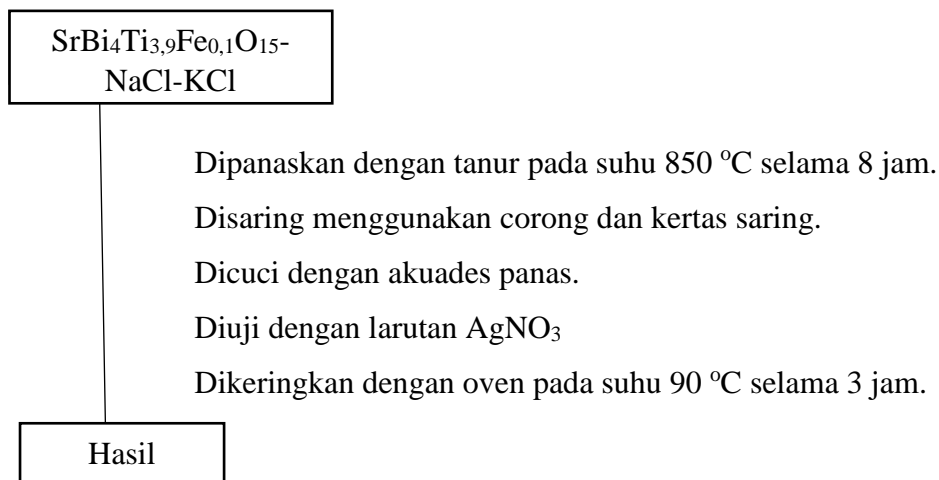
L.1.2.1 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam dengan Garam NaCl



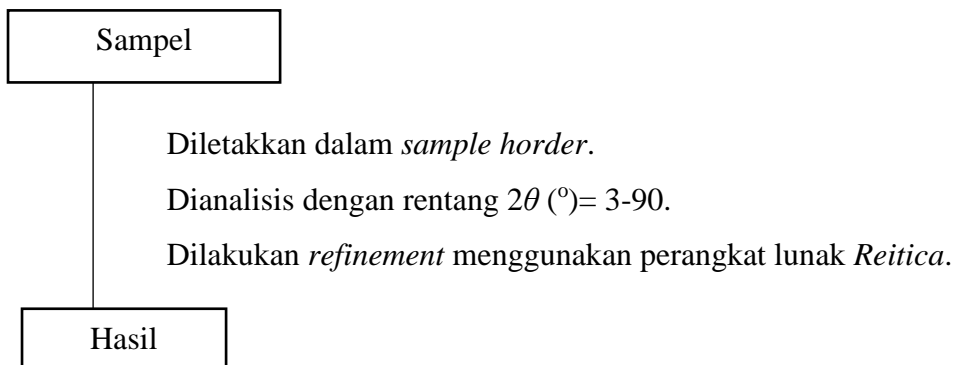
L.1.2.2 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam dengan Garam KCl



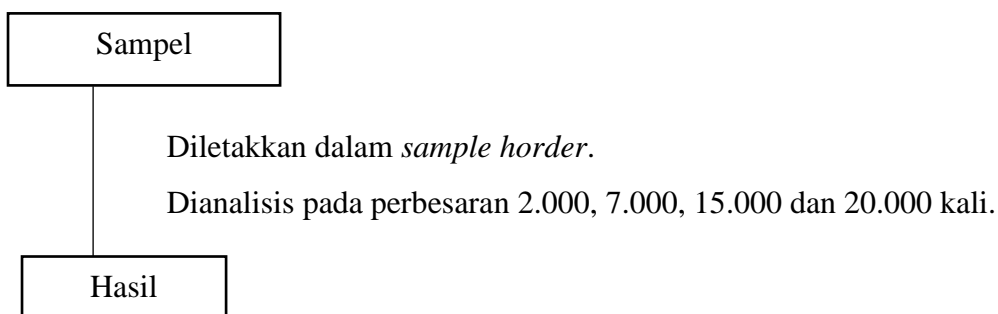
L.1.2.3 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam dengan Garam Campuran NaCl dan KCl



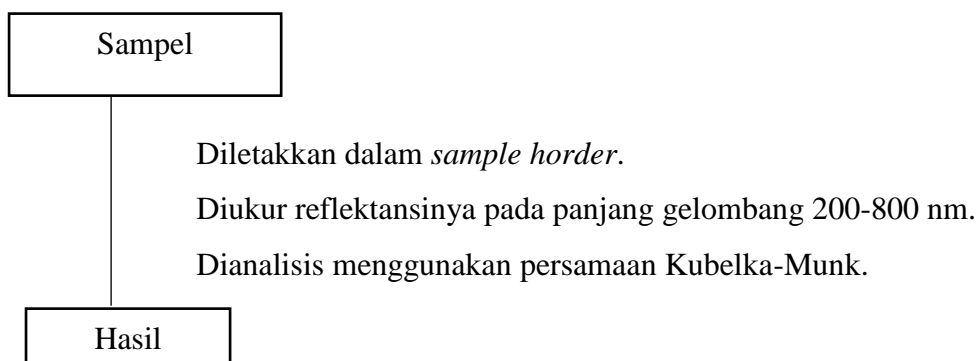
L.1.3 Karakterisasi dan Analisis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan instrumen XRD



L.1.4 Karakterisasi dan Analisis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan instrumen SEM-EDS



L.1.3 Karakterisasi dan Analisis Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan instrumen UV-Vis DRS



Lampiran 2.Perhitungan

Penelitian ini akan mensintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ menggunakan metode lelehan garam dengan variasi garam NaCl, KCl, dan campuran dari NaCl-KCl. Target massa yang diinginkan adalah 3 gram dan perbandingan prekursor $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$: garam adalah 1:7, sehingga perhitungan adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Mr SrCO_3 : 147,63 g/mol

Mr Bi_2O_3 : 465,96 g/mol

Mr TiO_2 : 79,9 g/mol

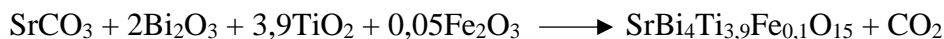
Mr Fe_2O_3 : 159,69 g/mol

Mr. NaCl : 58,34 g/mol

Mr. KCl : 74,55 g/mol

Massa target : 3 gram

Perbandingan mol prekursor:garam : 1:7



$$\begin{aligned} \text{Mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15} &= \frac{\text{Massa SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}}{\text{Mr SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}} \\ &= \frac{3 \text{ gram}}{1355,7908 \text{ g/mol}} \\ &= 0,0022127308 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa SrCO}_3 &= (\text{Mr. SrCO}_3) \times (\text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}) \times (1) \\ &= (147,63 \text{ g/mol}) \times (0,0022127308 \text{ mol}) \times (1) \\ &= 0,3266 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Bi}_2\text{O}_3 &= (\text{Mr. Bi}_2\text{O}_3) \times (\text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}) \times (2) \\ &= (465,96 \text{ g/mol}) \times (0,0022127308 \text{ mol}) \times (2) \\ &= 2,0620 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TiO}_2 &= (\text{Mr. TiO}_2) \times (\text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}) \times (3,9) \\ &= (79,9 \text{ g/mol}) \times (0,0022127308 \text{ mol}) \times (3,9) \\ &= 0,6895 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa Fe}_2\text{O}_3 &= (\text{Mr. Fe}_2\text{O}_3) \times (\text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}) \times (0,05) \\
 &= (159,69 \text{ g/mol}) \times (0,0022127308 \text{ mol}) \times (0,05) \\
 &= 0,0176 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Massa Garam

NaCl Tunggal

$$\begin{aligned}
 \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15} \\
 &= 7 \times 0,0022127308 \text{ mol} \\
 &= 0,0154891153 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa NaCl} &= \text{Mr NaCl} \times \text{mol NaCl} \\
 &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0154891153 \text{ mol} \\
 &= 0,9036 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

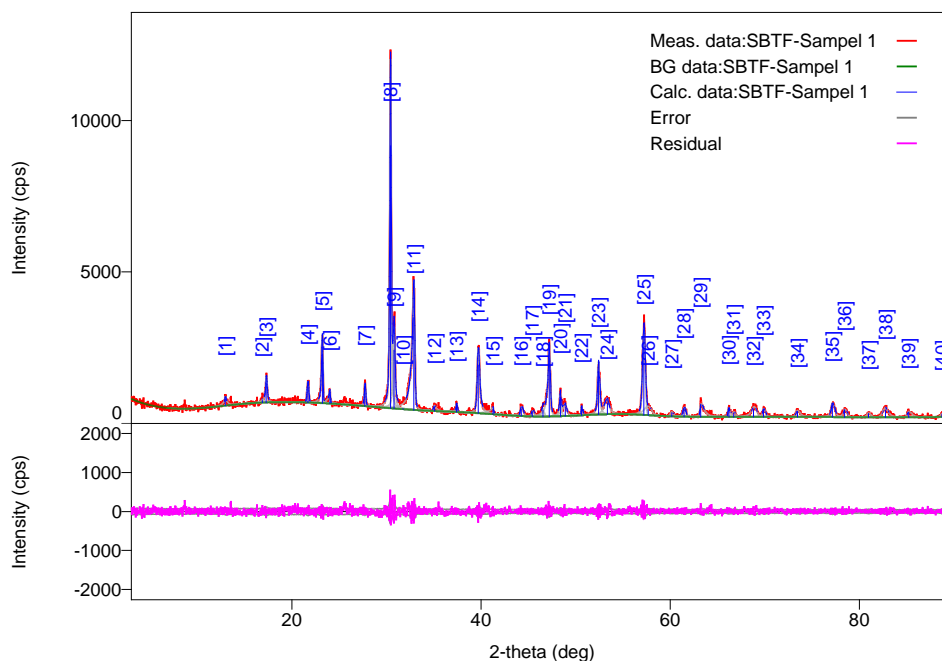
KCl Tunggal

$$\begin{aligned}
 \text{Mol KCl} &= 7 \times \text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15} \\
 &= 7 \times 0,0022127308 \text{ mol} \\
 &= 0,0154891153 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa KCl} &= \text{Mr KCl} \times \text{mol KCl} \\
 &= 74,555 \text{ mol/g} \times 0,0154891153 \text{ mol} \\
 &= 1,1547 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Menggunakan Instrumen XRD

L.3.1 Data XRD SrBi₄Ti_{3,9}Fe_{0,1}O₁₅-NaCl

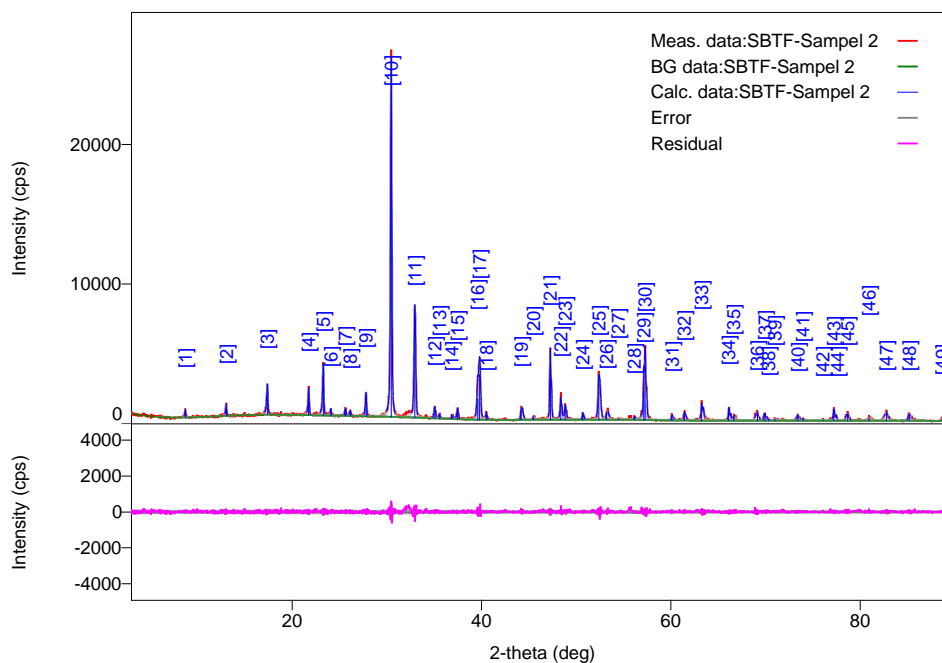


Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I (cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	12.96(3)	6.827(18)	210(42)	0.25(6)	105(10)	0.50(15)	1.0(8)
2	16.87(4)	5.252(13)	75(25)	0.3(2)	33(9)	0.4(3)	0.7(4)
3	17.276(6)	5.1289(17)	626(72)	0.18(2)	181(10)	0.29(5)	0.7(4)
4	21.691(19)	4.094(4)	488(64)	0.209(15)	110(9)	0.23(5)	1.3(5)
5	23.208(10)	3.8296(16)	1624(116)	0.168(9)	367(10)	0.23(2)	2.0(5)
6	24.015(8)	3.7027(12)	326(52)	0.18(5)	103(8)	0.32(8)	5(5)
7	27.708(11)	3.2170(12)	572(69)	0.156(16)	111(7)	0.19(4)	0.9(3)
8	30.421(4)	2.9360(4)	8676(269)	0.157(5)	1885(43)	0.217(12)	2.0(3)
9	30.803(7)	2.9004(7)	1935(127)	0.23(2)	624(39)	0.32(4)	2.0(3)
10	31.7(2)	2.82(2)	20(13)	0.1(8)	2(13)	0.1(7)	1(45)
11	32.881(9)	2.7217(8)	3052(159)	0.280(13)	1401(19)	0.46(3)	2.2(4)
12	35.06(3)	2.558(2)	136(34)	0.29(10)	60(10)	0.44(18)	0.8(11)
13	37.395(14)	2.4029(8)	239(45)	0.12(3)	44(6)	0.19(6)	0.9(8)
14	39.69(2)	2.2692(11)	1594(115)	0.27(2)	619(15)	0.39(4)	1.0(4)
15	41.24(2)	2.1875(10)	160(37)	0.33(11)	102(13)	0.6(2)	5(6)
16	44.233(11)	2.0460(5)	224(43)	0.33(3)	79(8)	0.35(10)	0.7(3)
17	45.41(7)	1.995(3)	144(35)	0.25(5)	39(7)	0.27(12)	0.7(7)
18	46.549(15)	1.9494(6)	209(42)	0.16(4)	61(11)	0.29(11)	1.9(4)
19	47.196(8)	1.9242(3)	1931(127)	0.196(15)	675(15)	0.35(3)	1.9(4)
20	48.385(7)	1.8797(2)	628(72)	0.13(2)	136(16)	0.22(5)	4.0(17)

21	48.90(2)	1.8611(8)	295(50)	0.41(8)	202(21)	0.68(19)	4.0(17)
22	50.62(2)	1.8017(8)	297(50)	0.10(2)	41(6)	0.14(4)	0.9(10)
23	52.425(6)	1.74392(17)	1426(109)	0.186(11)	406(13)	0.28(3)	2.8(3)
24	53.332(17)	1.7164(5)	375(56)	0.48(4)	276(15)	0.74(15)	2.8(3)
25	57.195(12)	1.6093(3)	2216(136)	0.284(10)	723(72)	0.33(5)	1.5(2)
26	57.65(10)	1.598(3)	201(41)	0.9(2)	208(63)	1.0(5)	1.5(2)
27	60.15(8)	1.5372(19)	121(32)	0.31(6)	41(7)	0.33(15)	1.3(13)
28	61.46(5)	1.5075(10)	247(45)	0.31(4)	84(7)	0.34(9)	1.3(7)
29	63.218(11)	1.4697(2)	386(57)	0.29(3)	211(10)	0.55(11)	0.5(3)
30	66.19(2)	1.4107(4)	281(48)	0.19(2)	57(8)	0.20(6)	1.3(6)
31	66.69(4)	1.4014(7)	139(34)	0.32(9)	47(7)	0.34(13)	1.3(6)
32	68.80(6)	1.3634(10)	243(45)	0.58(6)	198(12)	0.8(2)	1.0(4)
33	69.87(2)	1.3452(4)	241(45)	0.24(4)	81(7)	0.34(9)	1.0(4)
34	73.43(4)	1.2884(6)	181(39)	0.35(5)	93(8)	0.51(16)	1.1(4)
35	77.14(3)	1.2355(4)	401(58)	0.31(4)	187(7)	0.47(9)	1.1(4)
36	78.429(14)	1.21839(18)	226(43)	0.29(4)	98(7)	0.43(11)	0.6(3)
37	80.94(6)	1.1868(7)	123(32)	0.34(8)	54(6)	0.44(17)	1.2(10)
38	82.76(3)	1.1653(3)	243(45)	0.51(4)	172(10)	0.71(17)	2.3(4)
39	85.20(3)	1.1380(4)	181(39)	0.32(5)	89(8)	0.49(15)	1.1(4)
40	88.73(4)	1.1016(4)	108(30)	0.27(6)	44(7)	0.40(18)	1.5(7)

L.3.2 Data XRD SrBi₄Ti_{3,9}Fe_{0,1}O₁₅-KCl

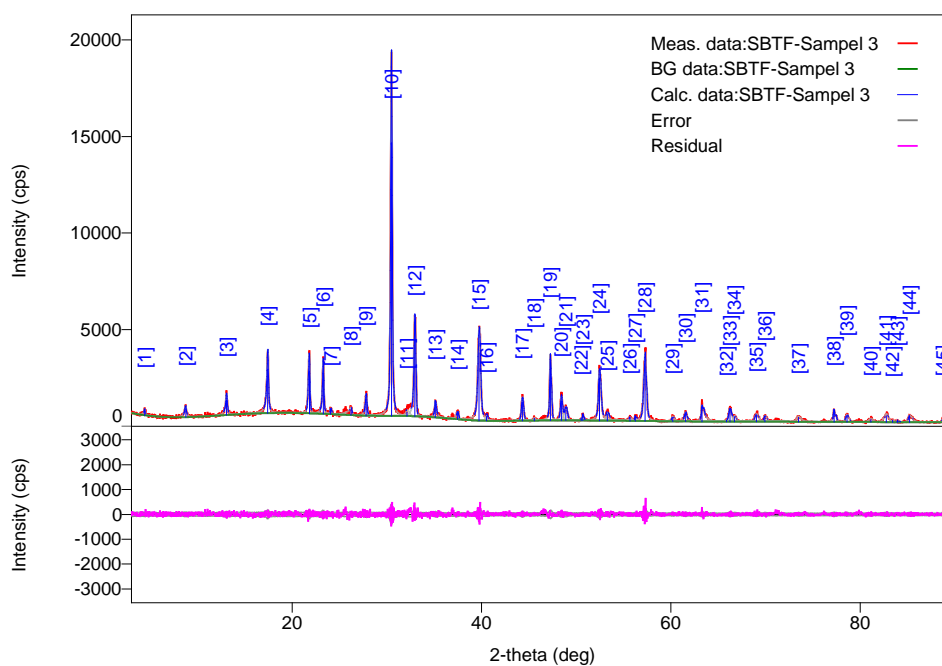


Peak list

No.	2- theta(deg)	d(ang.)	Height (cps)	FWHM (deg)	Int. I (cps deg)	Int. W (deg)	Asym. factor
1	8.707(17)	10.15(2)	412(59)	0.10(2)	72(5)	0.17(4)	1.7(17)
2	13.038(6)	6.785(3)	593(70)	0.10(2)	101(8)	0.17(3)	5(7)
3	17.366(11)	5.102(3)	1596(115)	0.138(10)	336(9)	0.21(2)	1.8(7)
4	21.732(10)	4.0862(19)	1440(110)	0.128(9)	251(8)	0.174(19)	1.5(5)
5	23.264(8)	3.8205(13)	2813(153)	0.120(8)	493(11)	0.175(13)	1.7(5)
6	24.092(4)	3.6910(6)	423(59)	0.079(15)	68(7)	0.16(4)	5(21)
7	25.60(3)	3.477(4)	381(56)	0.14(2)	67(7)	0.18(5)	1.2(12)
8	26.141(7)	3.4061(9)	293(49)	0.12(3)	51(6)	0.17(5)	4(8)
9	27.791(9)	3.2076(11)	1303(104)	0.126(11)	216(9)	0.17(2)	2.2(7)
10	30.443(2)	2.9339(2)	20599(414)	0.123(3)	3507(24)	0.170(5)	1.82(16)
11	32.935(11)	2.7174(9)	6339(230)	0.167(9)	1390(29)	0.219(13)	1.1(3)
12	35.062(10)	2.5573(7)	619(72)	0.147(14)	110(7)	0.18(3)	3.0(8)
13	35.573(13)	2.5217(9)	230(44)	0.14(3)	39(5)	0.17(5)	3.0(8)
14	36.851(15)	2.4371(10)	308(51)	0.105(19)	37(5)	0.12(4)	0.6(4)
15	37.476(12)	2.3979(8)	584(70)	0.156(14)	114(6)	0.20(3)	2.7(11)
16	39.594(7)	2.2744(4)	1499(112)	0.149(13)	288(75)	0.19(6)	2.6(7)
17	39.798(7)	2.2631(4)	3241(164)	0.21(3)	882(77)	0.27(4)	2.6(7)
18	40.506(5)	2.2252(2)	441(61)	0.11(2)	81(5)	0.18(4)	3(3)
19	44.182(4)	2.04823(18)	707(77)	0.237(12)	181(8)	0.26(4)	0.50(13)
20	45.49(5)	1.992(2)	214(42)	0.19(5)	46(7)	0.22(8)	0.9(9)
21	47.249(2)	1.92219(9)	4903(202)	0.115(3)	729(9)	0.149(8)	1.18(11)
22	48.368(7)	1.8803(3)	1408(108)	0.136(10)	272(9)	0.19(2)	1.8(5)
23	48.838(9)	1.8633(3)	886(86)	0.163(16)	206(9)	0.23(3)	1.8(5)
24	50.697(11)	1.7993(4)	482(63)	0.115(10)	59(5)	0.12(3)	2.1(9)
25	52.368(9)	1.7457(3)	2901(155)	0.204(9)	795(14)	0.274(19)	0.66(12)
26	53.218(7)	1.7198(2)	509(65)	0.235(19)	135(8)	0.27(5)	0.50(10)
27	54.43(6)	1.6844(16)	83(26)	0.10(7)	11(6)	0.13(11)	1(5)
28	56.145(11)	1.6369(3)	215(42)	0.08(3)	24(6)	0.11(5)	0.6(11)
29	57.144(4)	1.61063(11)	2082(132)	0.085(11)	261(68)	0.13(4)	1.6(5)
30	57.268(7)	1.60743(17)	3756(177)	0.17(2)	911(74)	0.24(3)	1.6(5)
31	60.106(14)	1.5381(3)	398(58)	0.152(14)	66(6)	0.17(4)	0.9(3)
32	61.409(16)	1.5086(3)	551(68)	0.175(19)	132(7)	0.24(4)	0.7(3)
33	63.234(11)	1.4694(2)	1160(98)	0.153(19)	329(11)	0.28(3)	0.7(3)
34	66.113(3)	1.41218(7)	881(86)	0.119(10)	157(9)	0.18(3)	0.50(13)
35	66.627(10)	1.40253(18)	331(52)	0.18(3)	91(7)	0.28(7)	0.50(13)
36	69.124(7)	1.35784(13)	481(63)	0.33(2)	181(7)	0.38(6)	4.3(17)
37	69.933(6)	1.34410(9)	495(64)	0.185(14)	105(7)	0.21(4)	4.3(17)
38	70.32(2)	1.3376(4)	94(28)	0.21(9)	23(6)	0.24(14)	4.3(17)
39	70.97(2)	1.3269(4)	140(34)	0.23(6)	51(7)	0.37(14)	0.8(6)
40	73.404(7)	1.28886(10)	389(57)	0.21(2)	103(7)	0.26(6)	3(2)
41	73.933(12)	1.28095(17)	163(37)	0.17(4)	34(5)	0.21(8)	3(2)
42	76.08(9)	1.2501(13)	53(21)	0.19(10)	11(6)	0.20(19)	4(15)
43	77.202(12)	1.23466(16)	829(83)	0.151(15)	172(7)	0.21(3)	0.8(3)
44	77.59(3)	1.2295(4)	54(21)	0.08(7)	6(4)	0.11(12)	0.8(3)
45	78.654(17)	1.2155(2)	473(63)	0.273(18)	138(8)	0.29(6)	3.2(11)
46	80.929(19)	1.1869(2)	210(42)	0.33(6)	81(9)	0.39(12)	0.7(5)
47	82.75(3)	1.1654(3)	493(64)	0.37(3)	216(10)	0.44(8)	3.4(15)

48	85.18(2)	1.1383(3)	470(63)	0.24(2)	148(9)	0.32(6)	1.9(10)
49	88.67(2)	1.1023(2)	219(43)	0.27(3)	96(8)	0.44(12)	1.0(3)
50	89.73(4)	1.0919(4)	129(33)	0.15(4)	21(6)	0.16(9)	1.1(12)

L.3.3 Data XRD SrBi₄Ti_{3,9}Fe_{0,1}O₁₅-NaCl-KCl

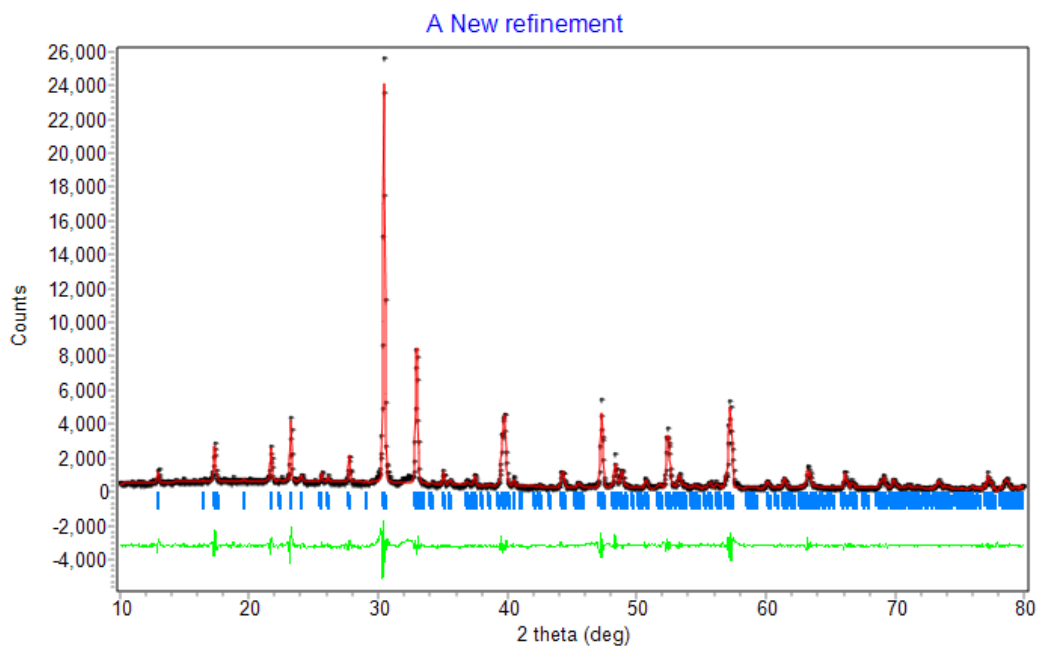


Peak list

No.	2-theta(deg)	D (ang.)	Height (cps)	FWHM (deg)	Int. I (cps deg)	Int. W (deg)	Asym. factor
1	4.416(17)	19.99(8)	231(44)	0.13(4)	61(8)	0.27(9)	1.9(10)
2	8.748(18)	10.10(2)	404(58)	0.22(3)	152(9)	0.38(8)	2.0(10)
3	13.041(10)	6.783(5)	783(81)	0.197(16)	255(11)	0.33(5)	0.91(17)
4	17.415(9)	5.088(2)	2288(138)	0.189(9)	697(10)	0.30(2)	1.7(4)
5	21.807(2)	4.0724(5)	2189(135)	0.179(7)	518(12)	0.24(2)	2.8(9)
6	23.276(10)	3.8185(15)	2076(132)	0.149(11)	469(11)	0.226(19)	2.4(9)
7	24.041(16)	3.699(2)	227(44)	0.15(4)	44(9)	0.19(8)	0.5(11)
8	26.214(15)	3.3968(19)	276(48)	0.34(7)	187(16)	0.68(17)	4(5)
9	27.81(2)	3.206(3)	817(83)	0.20(2)	222(11)	0.27(4)	1.6(8)
10	30.473(4)	2.9311(3)	14162(344)	0.165(4)	3258(22)	0.230(7)	1.69(18)
11	32.11(4)	2.786(3)	202(41)	0.45(10)	121(18)	0.6(2)	0.5(9)
12	32.938(12)	2.7171(9)	3982(182)	0.201(11)	1067(22)	0.268(18)	1.0(3)
13	35.096(7)	2.5548(5)	737(78)	0.15(4)	195(11)	0.26(4)	0.7(5)
14	37.46(5)	2.399(3)	321(52)	0.20(7)	96(11)	0.30(8)	1.3(14)
15	39.735(10)	2.2666(5)	3516(171)	0.296(7)	1433(17)	0.41(2)	1.20(17)
16	40.524(14)	2.2243(8)	231(44)	0.21(4)	65(8)	0.28(9)	1.20(17)
17	44.302(19)	2.0430(8)	950(89)	0.225(15)	267(9)	0.28(4)	1.3(4)

18	45.57(3)	1.9889(11)	131(33)	0.17(4)	30(6)	0.23(10)	2.7(17)
19	47.261(7)	1.9217(3)	3058(160)	0.145(9)	604(14)	0.197(15)	1.1(2)
20	48.418(12)	1.8785(4)	1032(93)	0.202(15)	258(14)	0.25(4)	1.4(4)
21	48.90(2)	1.8612(8)	517(66)	0.35(3)	222(14)	0.43(8)	1.4(4)
22	50.53(2)	1.8048(8)	103(29)	0.11(9)	12(10)	0.12(13)	1.1(11)
23	50.69(2)	1.7993(7)	293(49)	0.12(3)	37(12)	0.13(6)	1.1(11)
24	52.431(12)	1.7437(4)	2212(136)	0.246(13)	786(15)	0.36(3)	0.84(18)
25	53.267(18)	1.7183(5)	339(53)	0.29(4)	141(11)	0.42(10)	0.84(18)
26	55.655(15)	1.6501(4)	188(40)	0.16(5)	51(6)	0.27(9)	0.9(12)
27	56.232(12)	1.6346(3)	233(44)	0.09(2)	31(5)	0.13(5)	2.1(11)
28	57.279(11)	1.6071(3)	2719(151)	0.266(12)	969(17)	0.36(3)	2.5(5)
29	60.19(5)	1.5363(11)	213(42)	0.25(4)	57(7)	0.27(9)	1.3(9)
30	61.56(2)	1.5051(5)	375(56)	0.28(3)	135(8)	0.36(8)	2.8(16)
31	63.266(12)	1.4687(2)	786(81)	0.21(2)	329(9)	0.42(5)	0.50(18)
32	65.85(2)	1.4171(4)	99(29)	0.15(4)	16(6)	0.16(10)	1.2(3)
33	66.219(17)	1.4102(3)	596(71)	0.27(2)	176(13)	0.29(6)	1.2(3)
34	66.698(19)	1.4012(3)	257(46)	0.27(5)	77(9)	0.30(9)	1.2(3)
35	69.01(4)	1.3598(6)	322(52)	0.38(4)	152(8)	0.47(10)	1.2(5)
36	69.93(2)	1.3441(4)	287(49)	0.24(4)	85(6)	0.29(7)	1.2(5)
37	73.48(4)	1.2877(6)	230(44)	0.37(5)	127(11)	0.55(15)	1.6(5)
38	77.219(15)	1.2344(2)	624(72)	0.172(15)	161(6)	0.26(4)	1.0(4)
39	78.599(16)	1.2162(2)	322(52)	0.30(3)	108(6)	0.33(7)	1.7(3)
40	81.12(4)	1.1846(5)	144(35)	0.43(6)	71(8)	0.49(18)	1.8(2)
41	82.76(2)	1.1653(3)	330(52)	0.46(5)	174(9)	0.53(11)	1.8(2)
42	83.42(2)	1.1577(2)	108(30)	0.19(5)	23(5)	0.21(11)	1.8(2)
43	83.934(9)	1.15193(10)	110(30)	0.04(2)	5(2)	0.05(3)	1.8(2)
44	85.21(3)	1.1379(3)	337(53)	0.30(4)	153(9)	0.45(10)	1.1(6)
45	88.70(2)	1.1019(2)	176(38)	0.35(7)	97(9)	0.55(17)	0.5(4)

L.3.4 Hasil *Refinement* SrBi₄Ti_{3,9}Fe_{0,1}O₁₅-KCl



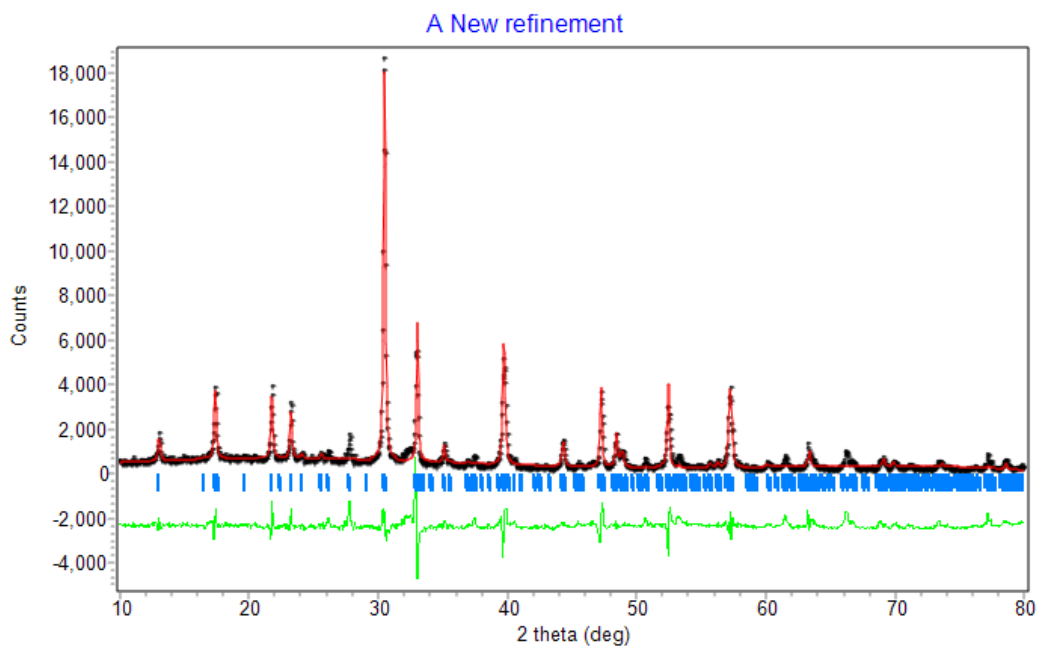
CELL PARAMETERS = 5.452169 0.000525 0.000554
 5.429348 0.000844 0.000879
 40.983856 0.005329 0.004909
 90.000008 0.000000 0.000000
 90.000008 0.000000 0.000000
 90.000008 0.000000 0.000000

CELL VOLUME = 1213.192871

R_p | R_{wp} | GOF |

+-----+
 | 11.39 | 9.58 | 0.1942E+02

L.3.5 Hasil Refinement SrBi₄Ti_{3,9}Fe_{0,1}O₁₅-NaCl-KCl

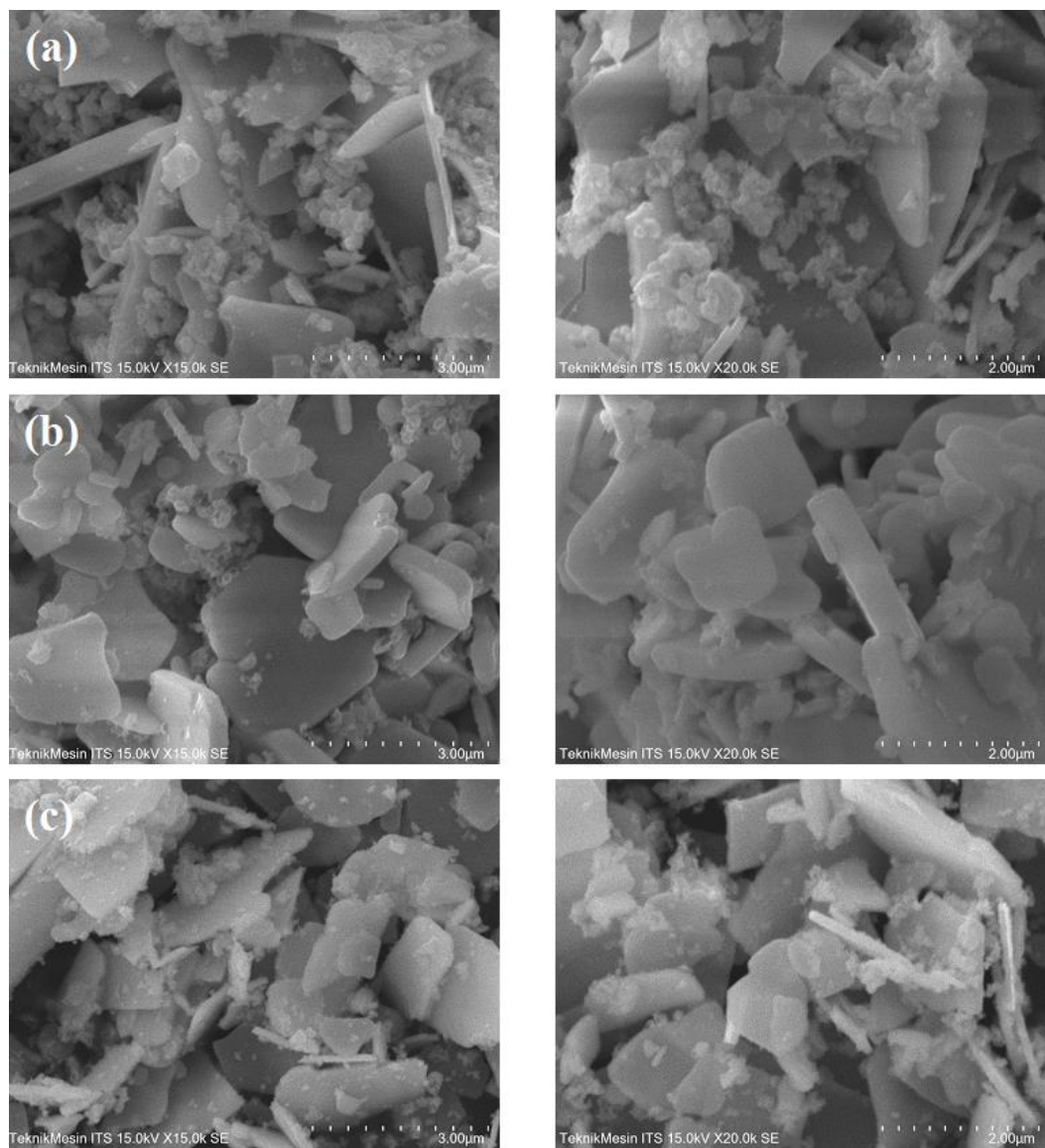


CELL PARAMETERS = 5.450525 -0.000006 0.000567
 5.431827 -0.000031 0.000826
 40.967285 -0.000198 0.004132
 90.000008 0.000000 0.000000
 90.000008 0.000000 0.000000
 90.000008 0.000000 0.000000

CELL VOLUME = 1212.890015

R_p | R_{wp} | GOF |

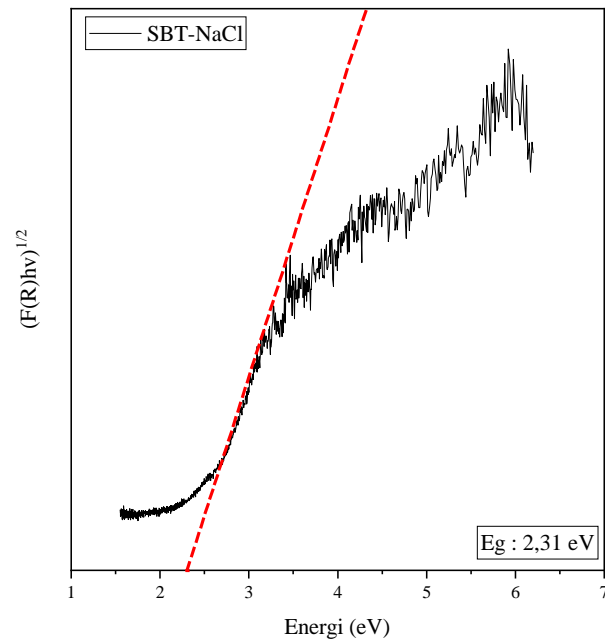
+-----+
 | 10.45 | 9.23 | 0.1580E+02

Lampiran 4. Hasil SEM

Gambar L.5 Mikrograf SEM perbesaran 15.000x dan 20.000x senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}$ dengan variasi garam a) NaCl; b) KCl; c) NaCl-KCl

Lampiran 5. Hasil UV-Vis DRS

L.5.1 Plot Tauc senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{3,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{15}\text{-NaCl}$

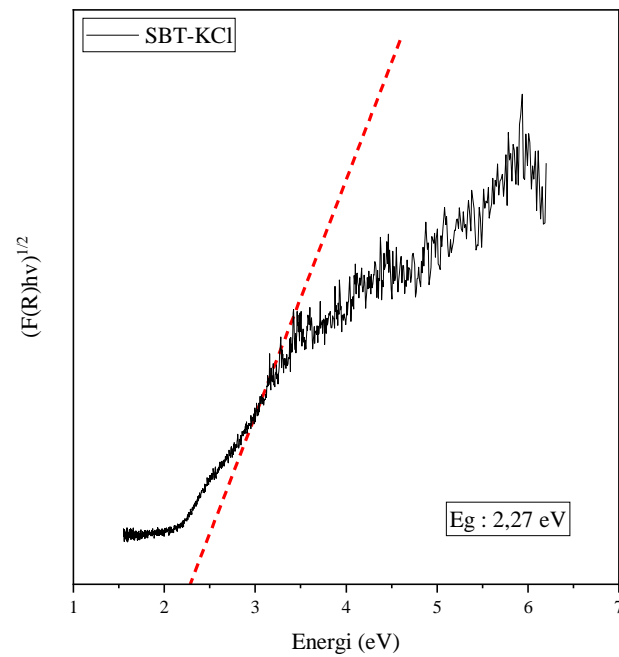


$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ js}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ j}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{(4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}) (3 \times 10^8 \text{ m/s})}{2,31 \text{ eV}} = 5,3715 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$= 537,15 \text{ nm}$$

L.5.2 Plot Tauc senyawa SrBi₄Ti_{3,9}Fe_{0,1}O₁₅-KCl

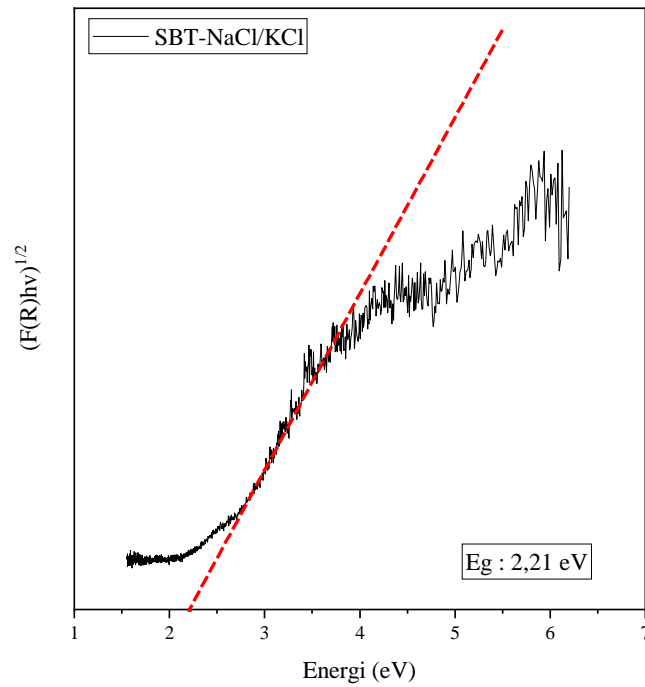


$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ js}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ j}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{(4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}) (3 \times 10^8 \text{ m/s})}{2,27 \text{ eV}} = 5,4662 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$= 546,62 \text{ nm}$$

L.5.3 Plot Tauc senyawa SrBi₄Ti_{3,9}Fe_{0,1}O₁₅-NaCl-KCl



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

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{(4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}) (3 \times 10^8 \text{ m/s})}{2,21 \text{ eV}} = 5,6145 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$= 561,45 \text{ nm}$$