

**UJI ANTIBAKTERI SENYAWA $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ YANG DIPEROLEH DARI METODE SINTESIS
LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

Oleh:
NURIL LAILATUL IZZAH
NIM. 19630107



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**UJI ANTIBAKTERI SENYAWA $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ YANG DIPEROLEH DARI METODE SINTESIS
LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

**Oleh:
NURIL LAILATUL IZZAH
NIM. 19630107**

**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
2023**

**UJI ANTIBAKTERI SENYAWA $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ YANG DIPEROLEH DARI METODE SINTESIS
LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

**Oleh:
Nuril Lailatul Izzah
NIM. 19630107**

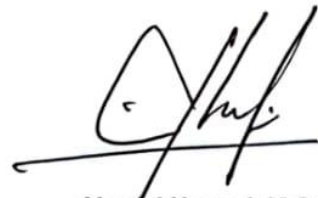
**Telah Diperiksa dan disetujui untuk Diuji
Tanggal: 22 Desember 2023**

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Ahmad Hanapi, M.Sc
NIDT. 19851225 20160801 1 069

Mengetahui,

Ketua Program Studi



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

**UJI ANTIBAKTERI SENYAWA SrBi₂Ta₂O₈ YANG DIPEROLEH DARI METODE SINTESIS
LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

Oleh:
Nuril Lailatul Izzah
NIM. 19630107

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan
Diterima Sebagai Salah satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
(S.Si.)
Tanggal: 22 Desember 2023

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

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

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

Anggota Penguji : Ahmad Hanapi, M.Sc
NIDT. 19851225 20160801 1 069



Mengesahkan,
Ketua Program Studi



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nuril Lailatul Izzah

NIM : 19630107

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Uji Antibakteri Senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ yang Diperoleh dari Metode Sintesis Lelehan Garam

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

Malang, 22 Desember 2023

Yang membuat pernyataan



Nuril Lailatul Izzah
Nim.19630107

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillah, atas berkat dan rahmat Allah SWT serta dengan penuh rasa syukur saya ucapkan Alhamdulillah karena akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas akhir. tanpa kehendak-Nya dan dukungan dari orang-orang sekitar, tentunya saya tidak dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, saya ingin mempersembahkan tulisan ini untuk:

Kedua orang tua saya, Bapak Drs. Abdul Fatah, Ibu Jumaiyah, S.Pd., kakak saya M. Iqbal Adiat Fatah, S.Kom., dan kakak ipar saya Haniatul Munadhiroh, S.Pd., yang selama ini telah memberikan segala bentuk dukungan baik berupa materi hingga doa dan kasih sayang beliau yang sampai saat ini masih saya rasakan hingga saya dapat memperoleh gelar sarjana ini. Terima kasih untuk segala yang telah diberikan dan didedikasikan untuk saya, mungkin kiranya tulisan ini hanya sebagian kecil hal yang bisa saya persembahkan untuk kalian, karena semua kebaikan kalian berdua tak akan bisa terbalas dengan apa pun. Semoga kalian berdua senantiasa dalam lindungan dan kasih sayang Allah SWT, senantiasa diberikan kesehatan, umur panjang, dan kebaikan kebaikan di dunia sampai akhirat.

Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si., Bapak Ahmad Hanapi, M.Sc., serta Bapak dan Ibu dosen lainnya. Terima kasih karena telah mendidik dan membimbing saya selama ini. Baik dalam ilmu kimia maupun ilmu sebagai bekal kehidupan saya. Semoga segala pemberian bapak dan ibu dosen serta mbak dan mas dibalas kebaikan, keberkahan, dan kebahagiaan oleh Allah SWT, Aamiin.

MOTTO

**YAKIN KEPADA ALLAH, BERMIMPILAH YANG BESAR, KERJA KERASLAH, MAKA
KESUKSESAN AKAN DATANG KEPADAMU**

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah proposal ini. Shalawat dan salam penulis haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah mengembangkan ajaran Islam di muka bumi demi keselamatan umat manusia. Penyusunan naskah proposal yang berjudul **“Uji Antibakteri Senyawa SrBi₂Ta₂O₉ yang Diperoleh dari Metode Sintesis Lelehan Garam”** dapat berjalan baik dan lancar juga berkat dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Drs. Abdul Fatah (ayah) dan Jumaiyah S.Pd (ibu) yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga penyusunan proposal ini dapat terselesaikan
2. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Hariani, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Anton Prasetyo, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam proses penyusunan proposal ini.
6. Ahmad Hanapi, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan nasihat dalam penulisan proposal ini.
7. Teman-teman seperbimbingan anak Abah yang telah menemani dan memberi semangat dalam mengerjakan skripsi ini
8. Teman-teman “Uranium Squad” Kimia Angkatan 19 yang telah memberikan doa, dukungan dan berjuang Bersama.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan secara satu persatu dalam menyelesaikan proposal ini baik berupa moral maupun materil.

Semoga segala bantuan Bapak/Ibu serta pihak lain kepada penulis dalam menyelesaikan proposal ini dibalas oleh Allah SWT dengan pahala dan ridha-Nya. Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik, saran, serta bimbingan yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan

Malang, 22 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYARTAAN KEASLIAN TULISAN	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
ABSTRAK	xxiii
ABSTRACT	xxvii
ملخص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Senyawa Aurivillius	5
2.2 Fotokatalis.....	5
2.3 Fotokatalis sebagai antibakteri	7
2.4 Senyawa Aurivillius Sebagai Material Fotokatalitik	8
2.5 Metode Lelehan Garam.....	10
2.6 Sintesis Senyawa Aurivillius dengan Metode Lelehan garam.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
4.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
4.2 Alat dan Bahan.....	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan.....	13
4.3 Tahapan Penelitian	13
4.4 Prosedur Kerja	14
3.4.1 Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal	14
3.4.2 Karakterisasi Menggunakan XRD.....	14
3.4.3 Karakterisasi Menggunakan SEM.....	14
3.4.4 Karakterisasi Menggunakan UV-Vis DRS.....	15
4.5 Analisis Data	15
3.5.1 Analisis Data XRD.....	15
3.5.2 Analisis Data SEM.....	15
3.5.3 Analisis Data UV-Vis DRS.....	16
4.6 Uji Aktivitas Antibakteri.....	16
3.6.1 Sterilisasi Alat.....	16
3.6.2 Pembuatan media <i>Nutrient Agar</i>	16
3.6.3 Pembuatan Media <i>Nutrient Broth</i>	16
3.6.4 Peremajaan bakteri	16
3.6.5 Pembuatan Inokulum <i>Staphylococcus aureus</i>	17
3.6.6 Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa SrBi ₂ Ta ₂ O ₉ terhadap Bakteri	17
<i>Staphylococcus aureus</i>	17
3.6.6.1 Uji Aktivitas Antibakteri dalam Kedaan Gelap	17

3.6.6.2 Uji Aktivitas Antibakteri dengan Radiasi Sinar UV	17
3.6.6.3 Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dalam Keadaan Gelap	17
3.6.6.4 Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan Radiasi Sinar UV	17
3.6.7 Perhitungan Jumlah Sel Bakteri.....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Sintesis Senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan Metode Lelehan garam	19
4.2 Karakterisasi Hasil Sintesis $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan XRD	20
4.3 Karakterisasi Hasil Sintesis $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ Menggunakan SEM	21
4.4 Karakterisasi Hasil $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ Menggunakan UV-Vis DRS	22
4.5 Uji Antibakteri <i>S. aureus</i> Oleh Material Fotokatalis $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	24
4.6 Sintesis $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dan Karakterisasi Fotokatalis dalam Prespektif Islam	26
BAB V PENUTUP	29
5.1 Kesimpulan	
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur kristal $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	5
Gambar 2.2	Prinsip fotokatalitik	6
Gambar 2.3	Mekanisme fotokatalis antibakteri	7
Gambar 2.4	Persen kelangsungan hidup <i>S. aureus</i> dengan TC NCs sebagai fungsi waktu	8
Gambar 2.5	Aktivitas fotokatalitik <i>water splitting</i> $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba)	8
Gambar 2.6	Aktivitas fotokatalitik <i>water splitting</i> $\text{Sr}_{1-x}\text{Y}_{2x/3}\text{Ta}_2\text{O}_9$ Terdoping Y^{3+}	9
Gambar 2.7	Aktivitas fotokatalitik <i>water splitting</i> $\text{SrBi}_{2-x}\text{Ce}_{3x/4}\text{Ta}_2\text{O}_9$ Terdoping Ce^{4+} ($\text{Sr}_{1-x}\text{Y}_{2x/3}\text{Ta}_2\text{O}_9$ Terdoping Y^{3+}	9
Gambar 2.8	Tahapan mekanisme sintesis lelehan garam	11
Gambar 2.9	Difraktogram senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	12
Gambar 2.10	Mikrograf senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	12
Gambar 4.1	(a) Sampel $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ sebelum ditanur (b) Sampel $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ sesudah ditanur pada suhu 750 dan 820 °C selama 6 jam.....	19
Gambar 4.2	Difraktogram $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	20
Gambar 4.3	Mikrograf senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	21
Gambar 4.4	Distribusi partikel SEM senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	22
Gambar 4.4	Plot data (%) reflektan dengan Panjang gelombang (nm) senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	23
Gambar 4.5	Plot-tauc energi celah pita senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	23
Gambar 4.6	Uji antibakteri senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ terhadap pertumbuhan bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	25
Gambar L.4.1	Hasil karakterisasi XRD $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	42
Gambar L.4.2	Difraktogram Ta_2O_5	43
Gambar L.4.3	Difraktogram $\text{Bi}_{24}\text{O}_{36}$	43
Gambar L.4.4	Difraktogram Bi_2O_3	44
Gambar L.5.1.	Morfologi $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ pada perbesaran (a) 7000x, (b) 10000x, dan (c) 15000x	44
Gambar L.5.2	Diameter morfologi $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ pada perbesaran 7000x	45
Gambar L.6.1	Spektra reflektansi senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	46
Gambar L.6.2	Spektra DRS energi celah pita $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	46
Gambar L.8.1	Sampel sebelum dan setelah dikalsinasi	49
Gambar L.8.2	Peremajaan Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	49
Gambar L.8.3	Kondisi Terang dengan Cahaya UV	49
Gambar L.8.4	Kondisi Gelap	49
Gambar L.8.5	Kondisi Ruang Terbuka	50
Gambar L.8.6	Hasil Hitung cawan Petri	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Aktivitas fotokatalitik <i>water splitting</i> $ABi_2Ta_2O_9$ ($A= Ca, Sr, Ba$)	8
Tabel 2.2	Jumlah dan laju pembentukan H_2/O_2 untuk 0,2 gr SBT terdoping Y^{3+}	10
Tabel 2.3	Jumlah dan laju pembentukan H_2/O_2 untuk 0,2 gr SBT terdoping Ce^{4+}	10
Tabel 3.1	Massa tiap reaktan hasil perhitungan	14
Tabel 4.1	Jumlah koloni hidup bakteri <i>S. aureus</i>	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian	35
Lampiran 2. Diagram Alir	36
Lampiran 3. Perhitungan.....	40
Lampiran 4. Data Karakterisasi XRD	42
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi SEM.....	44
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS	46
Lampiran 7. Hasil Perhitungan TPC bakteri <i>S. aureus</i>	47
Lampiran 8. Dokumentasi	49

ABSTRAK

Izzah, Lailatul Nuril. 2023. **Uji Antibakteri Senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ yang Diperoleh dari Metode Sintesis Lelehan Garam**. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Pembimbing II: Ahmad Hanapi M.Sc.

Kata kunci: $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$, antibakteri, aktivitas fotokatalitik, metode lelehan garam.

Senyawa Aurivillius mempunyai peluang digunakan sebagai senyawa fotokatalis yang berpotensi digunakan sebagai antibakteri. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur kristal, ukuran partikel, morfologi, energi celah pita dan aktivitas fotokatalitik senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ terhadap uji antibakteri yang disintesis menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl/KCl. Difraktogram senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ menunjukkan bahwa sampel berhasil disintesis, akan tetapi terbentuk fasa pengotor yang ditunjukkan dengan keberadaan puncak pada 2θ ($^\circ$): (a) $52,6^\circ$ adalah Ta_2O_5 , (b) 58° adalah Bi_2O_3 , dan (c) $37,8$ dan $56,1^\circ$ adalah $\text{Bi}_{24}\text{O}_{36}$. Hasil dari mikrograf SEM menunjukkan bahwa bentuk morfologi yang didapatkan yaitu *plate-like* yang masih terdapat aglomerasi dengan luas area partikelnya relatif besar pada rentang $1,70673 \pm 0,14407 \mu\text{m}^2$. Spektra UV-Vis DRS menunjukkan bahwa senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ memiliki energi celah pita sebesar 2,8 dan 3,06 eV. Pada uji aktivitas antibakteri senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan cahaya maupun tanpa cahaya mengalami penurunan, penurunan pertumbuhan pada kondisi tanpa cahaya menunjukkan bahwa senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dapat menghambat pertumbuhan bakteri tanpa mekanisme fotokatalis yang disebabkan karena senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ memiliki sifat antibakteri.

ABSTRACT

Izzah, Lailatul Nuril. 2023. **Antibacterial Test of SrBi₂Ta₂O₉ using Syntesis Molten Salt Method**. Chemistry Department, Faculty of Science and Tecnology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Supervisor II: Ahmad Hanapi, M.Sc.

Keywords: SrBi₂Ta₂O₉, antibacterial, photocatalytic activity, molten salt method

Aurivillius compounds have the opportunity to be used as photocatalyst compounds that have the potential to be used as antibacterials. This study aims to determine the crystal structure, particle size, morphology, band gap energy and photocatalytic activity of SrBi₂Ta₂O₉ compounds against antibacterial tests synthesized using the NaCl/KCl mixed salt melt method. The diffractogram of the SrBi₂Ta₂O₉ compound shows that the sample was successfully synthesized, but an impurity phase was formed as indicated by the presence of peaks at 2θ (°): (a) 52.6° is Ta₂O₅, (b) 58° is Bi₂O₃, (c) 37.8 and 56.1° is Bi₂₄O₃₆. SEM images show that the morphological shape obtained is plate-like which still has agglomeration with a relatively large particle area in the range of 1.70673 ± 0.14407 μm². UV-Vis DRS spectra show that SrBi₂Ta₂O₉ compounds have band gap energies of 2.8 and 3.06 eV. In the antibacterial activity test, the SrBi₂Ta₂O₉ compound with light and without light decreased, the decrease in growth in conditions without light showed that the SrBi₂Ta₂O₉ compound could inhibit bacterial growth without a photocatalyst mechanism caused by the SrBi₂Ta₂O₉ compound having antibacterial properties.

ملخص البحث

عزة، ليلة نوريل. ٢٠٢٣. اختبار مضاد للبكتيريا لمركب $9O2Ta2SrBi$ الذي تم الحصول عليه من طريقة تخليق ذوبان الملح. بحث جامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: الدكتور أنطون براسيتيو، الماجستير؛ المشرف الثاني: أحمد حني، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: $9O2Ta2SrBi$ ، مضاد للجراثيم، نشاط محفز ضوئي، طريقة ذوبان الملح. مركبات أوريفيليوس لديها الفرصة لاستخدامها كمركبات محفزة ضوئية لديها القدرة على استخدامها كمضادات للبكتيريا. يهدف هذا البحث إلى تحديد التركيب البلوري وحجم الجسيمات والتشكل وطاقة فجوة النطاق ونشاط التحفيز الضوئي لمركبات $9O2Ta2SrBi$ ضد الاختبارات المضادة للبكتيريا التي تم تصنيعها باستخدام طريقة ذوبان ملح خليط كلوريد الصوديوم $NaCl/KCl$. المركب $9O2Ta2SrBi$ أن العينة قد تم تصنيعها بنجاح، ولكن تم تشكيل مرحلة الشوائب والتي يشار إليها بوجود قمم عند $\theta(0)$: (٥٢.٦٠) هو $5O2Ta$ ، (ب) 580 هي $3O2Bi$ ، و (ج) 37.8 و 56.10 هي $36O24Bi$. تظهر النتائج من الصور المجهرية SEM ذلك. الشكل المورفولوجي الذي تم الحصول عليه يشبه الصفیحة التي لا تزال تحتوي على تكتلات ذات مساحة جسيمات كبيرة نسبيا في حدود $1.70673 \pm 0.14407 \mu m$. تظهر أطياف DRS للأشعة المرئية وفوق البنفسجية أن المركب $9O2Ta2SrBi$ لديه طاقات فجوة نطاق تبلغ 2.8 و 3.06 فولت. في اختبار النشاط المضاد للبكتيريا لمركبات $9O2Ta2SrBi$ مع انخفاض الضوء أو بدون ضوء، أظهر انخفاض النمو في الظروف بدون ضوء أن مركبات $9O2Ta2SrBi$ يمكن أن تمنع نمو البكتيريا دون آلية محفز ضوئي ناتجة عن مركبات $9O2Ta2SrBi$ لها خصائص مضادة للجراثيم.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroorganisme patogen telah menjadi ancaman baru lingkungan dan kesehatan manusia. Patogen seperti bakteri, virus, dan protozoa telah menyebabkan 1,8 juta kematian masyarakat setiap tahun karena diare, trachoma, dan penularan kolera. sehingga diperlukan usaha-usaha untuk penanganannya. Salah satu strategi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penggunaan senyawa antibiotik seperti *amoxicillin* (AMX), *ampicillin* (AMP) dan *cloxacillin* (CLX). Pelepasan antibiotik tanpa kontrol ke lingkungan dan kurangnya pengolahan limbah antibiotik telah menimbulkan ancaman lingkungan yang serius bagi ekosistem perairan dan darat. Berbagai strategi telah digunakan untuk mengatasi masalah limbah antibiotik seperti biodegradasi oleh bakteri dan jamur, termasuk adsorpsi, hidrolisis, oksidasi dan reduksi.

Salah satu strategi yang paling menjanjikan untuk mengatasi masalah lingkungan dan memiliki potensi untuk menghancurkan mikroorganisme atau sebagai antibakteri adalah fotokatalis (Quek, dkk., 2020). Fotokatalis merupakan fotoreaksi yang mengubah energi matahari menjadi energi kimia dengan transfer elektron dari semikonduktor dengan demikian dapat menghilangkan polutan organik dari air limbah (Long, dkk. 2020). Kelebihan dari metode ini adalah biayanya yang rendah, efisien, dan ramah lingkungan. Fotokatalis sebagai pengolahan air untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan.

Allah telah menciptakan alam semesta beserta isinya yang sangat kompleks untuk makhluk ciptaannya yang terdiri dari berbagai macam jenis tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme, Allah telah berfirman dalam Q.S al-Baqarah ayat 26;

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا بِضُلِّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ (٢٦)

Artinya, "Sungguh Allah tidak enggan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih kecil dari itu. Adapun orang-orang yang beriman yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka. Sedangkan mereka yang kafir mengatakan, 'Apakah maksud Allah menjadikan ini sebagai perumpamaan?' Dengan perumpamaan itu banyak orang disesatkan Allah. Dengan itu pula banyak orang diberi petunjuk oleh-Nya. Tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik." (Surat Al-Baqarah ayat 26).

Tafsir Jalalain menyebutkan bahwa Allah tidak segan mengangkat nyamuk sebagai perumpamaan, atau bahkan yang lebih kecil dari nyamuk seperti bakteri. Allah tidak malu mengangkat nyamuk sebagai perumpamaan karena di dalamnya terdapat hikmah. Kalau orang yang beriman meyakini kebenaran perumpamaan itu dari Allah, orang-orang yang kafir mempertanyakan dengan ingkar manfaat dan urgensi perumpamaan tersebut. Sedangkan

orang fasik yang disesatkan oleh perumpamaan Allah itu adalah orang yang keluar dari ketaatan terhadap Allah.

Dari ayat tersebut “bahkan ada yang lebih kecil” yaitu mikroorganisme bisa berupa bakteri patogen dan bakteri baik, namun bakteri patogen dapat membahayakan untuk kesehatan manusia, cara penanggulangannya dengan antibiotik. Penggunaan antibiotik secara berlebihan berdampak pada lingkungan. Maka dari ayat tersebut akan diteliti apakah senyawa Aurivillius dapat menghambat bakteri.

Salah satu golongan senyawa yang dilaporkan mempunyai sifat fotokatalis yang baik adalah senyawa golongan berstruktur Aurivillius. Senyawa Aurivillius memiliki rumus molekul $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+} (\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1})^{2-}$ yang tersusun atas lapisan perovskit $(\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1})^{2-}$ yang dipisahkan dari lapisan $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$. kation *A* adalah kation yang berukuran besar berbentuk oktahedral berupa logam alkali, alkali tanah, dan unsur tanah jarang, sedangkan kation *B* adalah tetra, tri, penta, dan heksavalen yang kecil dan *n* adalah bilangan bulat yang menunjukkan senyawa lapis perovskit. Kation *A* ditempati dengan jari-jari besar seperti Sr^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , dan kation *B* ditempati oleh jari-jari yang lebih kecil seperti Ti^{4+} , Nb^{5+} , W^{6+} , Ta^{2+} . Beberapa senyawa Aurivillius yang dilaporkan mempunyai sifat fotokatalis adalah Bi_2O_3 , BiVO_4 , $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{CO}_3$, Bi_2WO_6 , Bi_2MO_6 , BiPO_4 , BiFeO_3 , $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$, $\text{Bi}_{0,5}\text{K}_{0,5}\text{TiO}_3$, dan LiBiO_3 , NaBiO_3 , dan KBiO_3 (Shetty, dkk., 2021). Beberapa pihak telah melaporkan kemampuan senyawa golongan Aurivillius dalam mendegradasi senyawa antibiotik seperti Bi_2WO_6 yang menjadi kandidat yang baik untuk desinfeksi air karena celah pita yang sempit dan stabilitas yang baik. Ren, dkk. (2009) Melaporkan mempunyai bakterisida fotokatalitik Bi_2WO_6 dipelajari melalui inaktivasi *E. coli*.

$\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ merupakan keluarga senyawa Aurivillius dengan lapis dua dan memiliki karakteristik struktur berlapis perovskit, senyawa ini juga memiliki sifat dielektrik, ferroelektrik, fotoluminescence, pizelektrik dan fotokatalis. Sebagai senyawa fotokatalis, $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ memiliki energi celah pita 3,64 eV (Li, dkk., 2008). Aktivitas fotokatalis dari golongan senyawa ini telah dilaporkan beberapa pihak Menurut Rouf, dkk. (2021) senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ mendegradasi zat warna metilen biru yang digerakkan dibawah sinar tampak.

Kemampuan aktivitas fotokatalis dipengaruhi oleh beberapa faktor dan salah satunya adalah morfologi dan ukuran partikel. Zhang, dkk. (2007) melaporkan Bi_2WO_6 berpengaruh terhadap aktivitas fotokatalis yang mendegradasi RhB di bawah sinar UV dan memiliki morfologi berbentuk *flower-like*. Beberapa pihak melaporkan pengaruh morfologi dan ukuran nanopartikel pada kemampuan antibakteri pada senyawa dengan menggunakan fotokatalis, Stankovic, dkk. (2013) melaporkan ZnO berpengaruh terhadap aktivitas antibakteri yang memiliki morfologi dan ukuran partikel yaitu *E. coli* berbentuk prisma heksagonal, sedangkan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) berbentuk dan partikel berbentuk bola. Babayevska, dkk. (2022) melaporkan ZnO berpengaruh terhadap aktivitas antibakteri pada bakteri gram positif

(*S. aureus*) dan bakteri gram negatif (*E. coli*) diperoleh morfologi berbentuk struktur kristal *wurtzite* heksagonal.

Salah satu metode sintesis yang mempunyai kemampuan dalam kontrol morfologi dan ukuran partikel adalah metode lelehan garam. Metode lelehan garam adalah metode umum untuk menyiapkan partikel anisotropi pada suhu yang lebih rendah, metode garam cair berguna tidak hanya untuk menghasilkan partikel dengan anisotropi, tetapi juga untuk mengurangi agregasi partikel. Metode lelehan garam memiliki empat proses yaitu pelarutan reaktan, transpor reaktan, nukleasi, dan pertumbuhan produk (Zhao, dkk., 2014). Garam cair memiliki berbagai fungsi antara lain sebagai templet untuk membuat produk, memiliki morfologi spesifik, mempercepat laju perpindahan massa antar reaktan, membuat distribusi elemen menjadi lebih seragam, meningkatkan pembentukan doping dan katalis atom tunggal. Lelehan garam juga memiliki kelarutan yang tinggi apabila penggunaan garam terlalu banyak maka akan menghasilkan limbah, dan akan mempengaruhi laju reaksi, ukuran partikel dan morfologi (Luo, dkk., 2021). Metode ini juga memiliki keunggulan yang tak tertandingi dalam meningkatkan kristalinitas fotokatalis, pengurangan suhu pembentukan produk dan menghasilkan partikel yang seragam. Metode lelehan garam telah menunjukkan sebagai pendekatan yang sangat sukses untuk mensintesis oksida logam sederhana dan kompleks seperti perovskit (Gupta, dkk., 2021).

Sintesis senyawa Aurivillius dengan menggunakan metode lelehan garam telah dilaporkan beberapa pihak. Zhao, dkk. (2014) melaporkan telah berhasil mensintesis senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan metode lelehan garam campuran $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$ diperoleh partikel berbentuk *plate-like*. Wu, dkk. (2021) melaporkan telah berhasil mensintesis senyawa $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan metode lelehan garam tunggal diperoleh partikel berbentuk *nano-plate* dengan ukuran partikel 1,7 μm . Afqir, dkk. (2022) melaporkan telah berhasil mensintesis senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan metode lelehan garam campuran $\text{NaNO}_3\text{-KNO}_3$ (berat rasio 45-54%) diperoleh partikel berbentuk *plate-like*. Kemudian senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ berhasil disintesis dengan metode lelehan garam tunggal NaCl dilaporkan partikel berbentuk *plate-like* dengan ukuran partikel 1,5 μm (Rouf, dkk., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut maka dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis, karakterisasi dan uji antibakteri senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$. Sintesis dilakukan dengan menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl/KCl dan karakterisasi fasa dilakukan menggunakan difraksi sinar-X (XRD). Karakterisasi ukuran partikel dan morfologi menggunakan instrumen *scanning electron microscopy* (SEM), dan penentuan energi celah pita menggunakan instrumen UV-Vis *diffuse reflectance spectroscopy* (DRS). Sedangkan uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan mengetahui aktivitas antibakteri dari senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan menggunakan bakteri *staphylococcus aureus*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian kali ini, yaitu:

- a. Bagaimana struktur kristal, morfologi, ukuran partikel, energi celah pita senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ yang disintesis dengan menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl/KCl?
- b. Bagaimana kemampuan aktivitas antibakteri dari senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini, yaitu:

- a. Mengetahui struktur kristal, morfologi, ukuran partikel, energi celah pita senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ yang disintesis dengan menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl/KCl
- b. Mengetahui kemampuan aktivitas antibakteri dari senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

- a. Metode sintesis sampel menggunakan metode lelehan garam NaCl/KCl dengan rasio molar produk $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dan garam NaCl/KCl adalah 1:7
- b. Suhu yang digunakan adalah 750 dan 820 °C.
- c. Bakteri yang digunakan yaitu bakteri staphylococcus aureus.

1.5 Manfaat

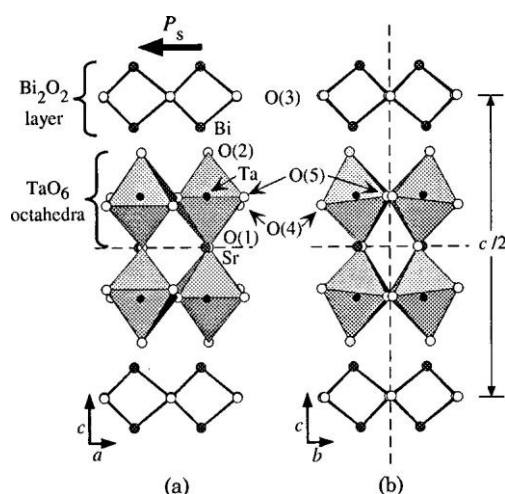
Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat dan peneliti tentang karakteristik struktur, ukuran partikel, dan kemampuan senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ yang disintesis dengan menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl/KCl untuk mengetahui aktivitas antibakteri dari senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$, selain itu dapat membantu pengembangan ilmu dan teknologi mengenai karakteristik senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

Senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ merupakan senyawa golongan Aurivillius lapis dua yang dilaporkan berpotensi sebagai material fotokatalis dengan rumus umum $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+} (\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1})^{2-}$. Struktur $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ telah diteliti oleh Shimakawa, dkk (1999), ditunjukkan struktur kristal pada Gambar 2.1. Struktur kristal $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ diilustrasikan sebagai proyeksi pada bidang a - c dan b - c , lapisan Bi_2O_2 dan oktahedra TaO_6 terdistorsi oktahedra TaO_6 tertekuk di sepanjang sumbu b dengan sudut kemiringan sekitar $6,5^\circ$ dari sumbu c . Strukturnya terdiri dari penumpukan lapisan bolak-balik unit Bi_2O_2 dan *pseudo-perovskite* SrTa_2O_7 dengan lapisan oktahedra TaO_6 ganda di sepanjang sumbu lapisan berada di bawah tegangan tarik sedangkan seperti perovskit unit berada di bawah tekanan yang mengarah ke besar distorsi pada oktahedra TaO_6 .

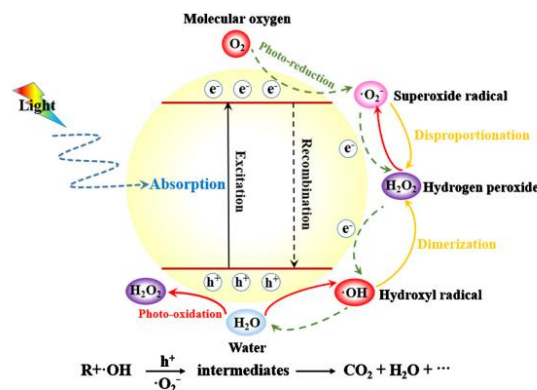


Gambar 2.1 Struktur kristal $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (Shimakawa, dkk., 1999)

2.2 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan metode yang sederhana untuk mendegradasi polutan organik dan untuk membentuk produk yang tidak berbahaya dengan menggunakan oksigen atmosfer sebagai senyawa kimia. Fotokatalis banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya metode yang efisien, ekonomis, tidak menggunakan energi yang beracun, intensif dan ramah lingkungan. Untuk menghilangkan polutan yang berbahaya teknik fotokatalis didasarkan pada reaksi antara polutan organik dan zat pengoksidasi dan pereduksi kuat (h^+ dan e^-) yang dihasilkan oleh sinar UV atau cahaya tampak pada permukaan fotokatalis (Zhu & Zhou, 2019). Fotokatalis memiliki faktor terpenting yaitu fotokatalis yang mengubah energi matahari menjadi energi kimia dengan demikian dapat menghancurkan polutan. Fotokatalis dieksitasi oleh cahaya pasangan elektron pada pita valensi (VB) kemudian dipisahkan elektron

tereksitasi ke pita konduksi (CB). Hal ini menyebabkan terbentuknya *hole* ion hidrogen pada pita valensi (VB) yang menghambat laju rekombinan, sehingga efisien dari fotokatalitik menjadi kelemahan dari fotokatalis, kejadian ini membawa muatan yang cukup untuk memisahkan fotokatalis transfer ke permukaan dan berpartisipasi dalam reaksi redoks. Prinsip fotokatalitik ditunjukkan pada Gambar 2.2 (Long, dkk., 2020) Beberapa senyawa Aurivillius yang dilaporkan mempunyai sifat fotokatalis adalah Bi_2O_3 , BiVO_4 , $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, $\text{Bi}_{12}\text{TiO}_{20}$, $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{CO}_3$, Bi_2WO_6 , Bi_2MO_6 , BiPO_4 , BiFeO_3 , $\text{Bi}_3\text{TiNbO}_9$, $\text{Bi}_{0,5}\text{K}_{0,5}\text{TiO}_3$, dan LiBiO_3 , NaBiO_3 , dan KBiO_3 (Shetty, dkk., 2021).



Gambar 2.2 Prinsip fotokatalitik (Long, dkk., 2020)

Cahaya matahari merupakan sumber sinar tampak yang dimanfaatkan bagi fotokatalis. Material fotokatalis menyerap sinar matahari dan memproduksi pasangan *electron-hole* (h^+ dan e^-) sehingga terjadi proses kimia reduksi oksidasi. Matahari sebagai sumber sinar telah dijelaskan melalui firman Allah SWT dalam QS. Yunus (10) ayat 5:

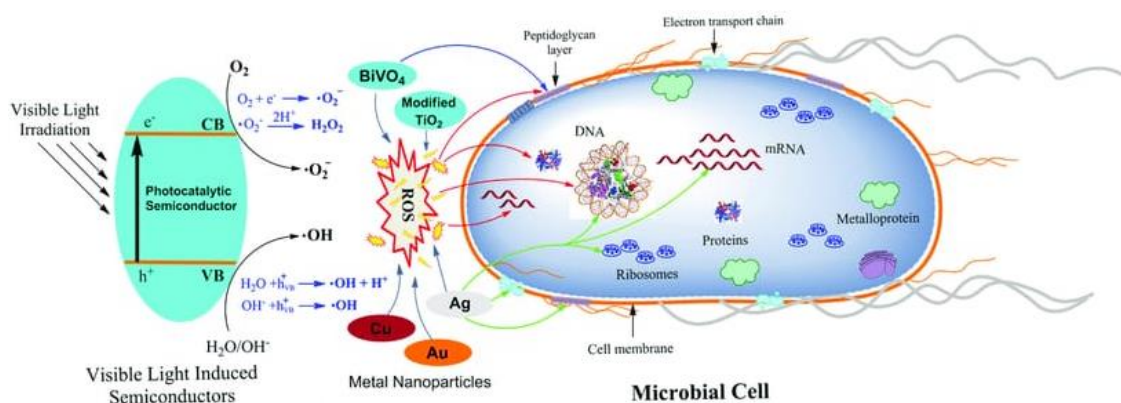
هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ ۖ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۗ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

Artinya: “Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya, dan Dialah yang menetapkan tempat-tempat orbitnya, agar kamu mengetahui bilangan tahun, dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan demikian itu melainkan dengan benar. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesarannya) kepada orang-orang yang mengetahui”

Ayat ini menjelaskan bahwa Allah yang menciptakan langit, bumi dan yang bersemayam di atas Arsy. Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya. Matahari dan sinarnya merupakan sumber kehidupan, sumber panas dan tenaga yang dapat menggerakkan makhluk-makhluk Allah yang diciptakannya. Dengan cahaya manusia dapat berjalan dalam kegelapan malam dan beraktivitas di malam hari dan cahaya matahari menunjukkan sumber

sinar bagi manusia dengan aneka spektrum sinar matahari seperti sinar UV, sinar-X, sinar gamma, sinar tampak, gelombang radio dan sinar inframerah.

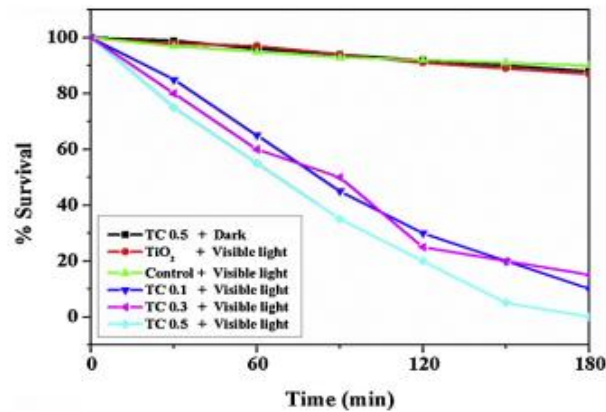
Fotokatalis dapat menghambat bakteri. Bahan fotokatalis Ketika bersentuhan dengan mikroba melalui energi yang berbeda seperti daya tarik elektrostatis, interaksi hidrofobik, gaya Van der Waals, dan interaksi reseptor-ligan, bahan tersebut memberikan efek pada membran sel bakteri. Mekanisme kematian sel bakteri akibat stress non-oksidatif, reaksi antibakteri *reactive oxygen species* (ROS) yang dihasilkan dari fotokatalis dan bersifat sangat reaktif mikroba. ROS seperti radikal OH, O_2 , O_2H , H_2O terbentuk dalam reaksi fotokatalis mampu membunuh mikroorganisme seperti bakteri (Regmi, dkk., 2018). Mekanisme fotokatalis dan antibakteri diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mekanisme fotokatalis antibakteri (Regmi, dkk., 2018)

2.3 Fotokatalis Sebagai Antibakteri

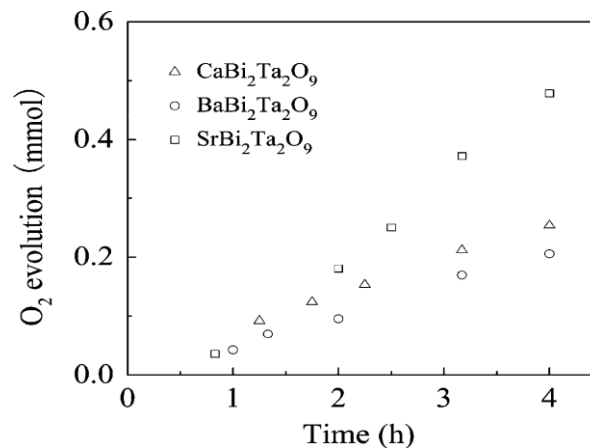
Kemampuan fotokatalis sebagai antibakteri telah dilaporkan beberapa pihak. Valmiki, dkk., (2009) melaporkan fotokatalitik bakteri pada senyawa TiO_2 NPs dan TC NCs di bawah cahaya tampak. Kondisi eksperimen dioptimalkan untuk sampel dengan disinari sinar UV. Dalam percobaan gelap, suspensi sel bakteri dengan TC NCs dan TiO_2 NPs ditempatkan di inkubator yang tidak menunjukkan efek bakterisida pada mikroorganisme. Dalam iradiasi cahaya tampak dengan TiO_2 NPs, pertumbuhan bakteri juga tidak terhambat. Dalam metode inaktivasi fotokatalitik, TiO_2 NPs dalam keadaan telanjang di bawah iradiasi sinar UV menunjukkan pembunuhan lengkap sel bakteri dalam waktu 90 menit sebagai tingkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan sinar UV saja. Pada Gambar 2.4 menunjukkan persen kelangsungan hidup *S. aureus* di bawah cahaya tampak yang ada pada TC NCs, pada iradiasi cahaya tampak tanpa TC NCs, tidak ada sel bakteri yang diamati. Ini jelas menunjukkan bahwa iradiasi cahaya tidak menunjukkan efek fotokatalitik pada mikroorganisme dengan tidak adanya TC NCs. Pada TC 0,5 NCs menunjukkan penghambatan 100% untuk bakteri *S. aureus* dalam waktu 180 menit di bawah iradiasi cahaya tampak karena tidak ada koloni yang tumbuh di media *Muller-Hinton* setelah 24 jam inkubasi.



Gambar 2.4 % kelangsungan hidup *S. aureus* dengan sampel TC NCs sebagai fungsi waktu (Valmiki, dkk., 2009)

2.4 Senyawa Aurivillius Sebagai Material Fotokatalik

Senyawa Aurivillius $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) memiliki aktivitas fotokatalitik dan energi celah pita yang berbeda yaitu: (a) $SrBi_2Ta_2O_9$ yaitu 3,64 eV (b) $CaBi_2Ta_2O_9$ yaitu 3,67 eV (c) $BaBi_2Ta_2O_9$ yaitu 3,52 eV. Uji aktivitas senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ dengan proses *water splitting* menunjukkan bahwa senyawa $CaBi_2Ta_2O_9$ dan $SrBi_2Ta_2O_9$ dengan struktur kristal ortorombik memiliki aktivitas lebih tinggi daripada $BaBi_2Ta_2O_9$ dengan struktur tetragonal (Li, dkk., 2008). Li, dkk., (2008) melaporkan aktivitas katalitik senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dalam *water splitting* ditampilkan pada Gambar 2.5 dan hasilnya dirangkum pada Tabel 2.1.



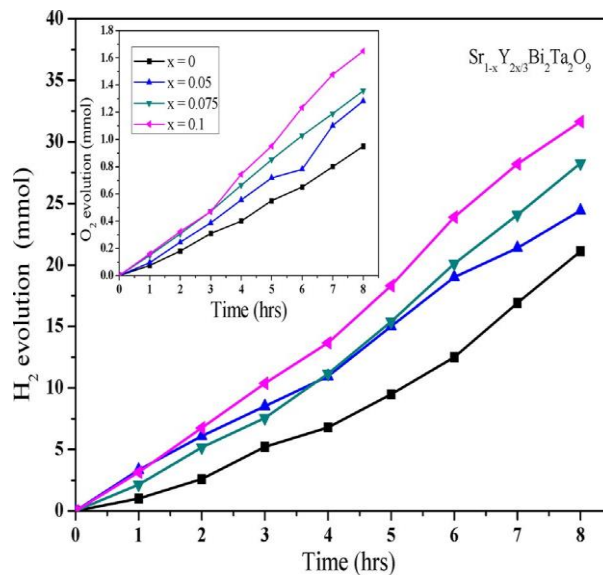
Gambar 2.5. Aktivitas fotokatalitik *water splitting* $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$) (Li, dkk., 2008)

Tabel 2.1 Aktivitas fotokatalitik *water splitting* $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$)

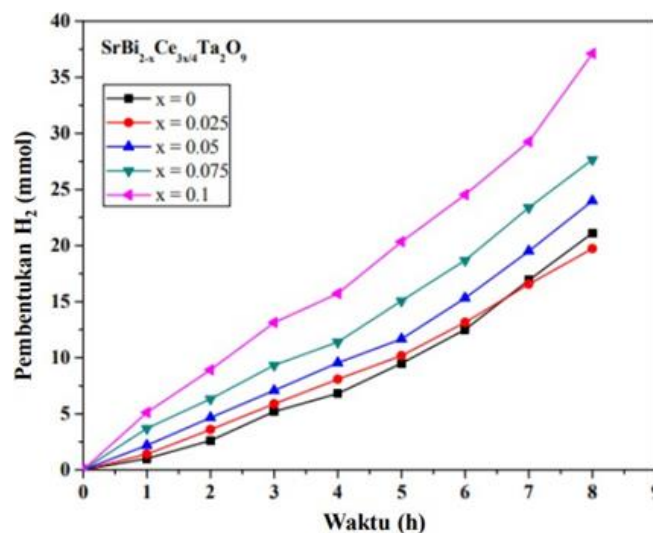
Katalis	Celah pita (eV)	Luas Permukaan (m^2g) ⁻¹	Aktivitas (mmol)	
			H ₂ ^a	O ₂ ^b
CaBi ₂ Ta ₂ O ₉	3,67	1,96	0,30	0,06
BaBi ₂ Ta ₂ O ₉	3,64	2,18	0,11	0,05
SrBi ₂ Ta ₂ O ₉	3,52	2,26	2,26	0,12

Senthil & penigrahi 2019 memiliki aktivitas fotokatalitik *water splitting* yaitu senyawa $\text{Sr}_{1-x}\text{Y}_{2x/3}\text{Ta}_2\text{O}_9$ Terdoping Y^{3+} dengan menggunakan metode reaksi keadaan padat. Jumlah terbentuknya H_2/O_2 menggunakan $\text{CH}_3\text{OH}/\text{AgNO}_3$ untuk 0,2 gram katalis diperiksa secara terpisah nilai tersebut ditampilkan pada Tabel 2.2. Hasil tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.6 dimana H_2/O_2 meningkat secara linier selama percobaan 8 jam untuk semua sampel.

Dalam penelitian Senthil, dkk., 2016 mensintesis senyawa SBT ($\text{SrBi}_{2-x}\text{Ce}_{3x/4}\text{Ta}_2\text{O}_9$) terdoping Ce^{4+} menggunakan metode reaksi keadaan padat. Dilaporkan senyawa $\text{SrBi}_{2-x}\text{Ce}_{3x/4}\text{Ta}_2\text{O}_9$ memiliki sifat fotokatalitik. Senyawa ($\text{SrBi}_{2-x}\text{Ce}_{3x/4}\text{Ta}_2\text{O}_9$) diuji aktivitas fotokatalitik *water splitting* dengan menggunakan reagen metanol dan Ag^+ untuk korelasi dan sifat fotokatalitik. Laju pembentukan H_2/O_2 ditampilkan pada Gambar 2.7 dan hasilnya dirangkum pada Tabel 2.3.



Gambar 2.6 Aktivitas fotokatalitik *water splitting* $\text{Sr}_{1-x}\text{Y}_{2x/3}\text{Ta}_2\text{O}_9$ Terdoping Y^{3+} (Senthil & Panigrahi, 2019)



Gambar 2.7 Aktivitas fotokatalitik *water splitting* $\text{SrBi}_{2-x}\text{Ce}_{3x/4}\text{Ta}_2\text{O}_9$ Terdoping Ce^{4+} (Senthil, 2016)

Tabel 2.2. Jumlah dan laju pembentukan H₂/O₂ untuk 0,2 gr SrBi₂Ta₂O₉ terdoping Y³⁺

Komposisi	Rata-rata pembentukan (mmol/h ⁻¹)		Jumlah total pembentukan (mmol)	
	H ₂	O ₂	H ₂	O ₂
Sr _{1-x/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

Tabel 2.3. Jumlah dan laju pembentukan H₂/O₂ untuk 0,2 gr SrBi₂Ta₂O₉ terdoping Ce⁴⁺

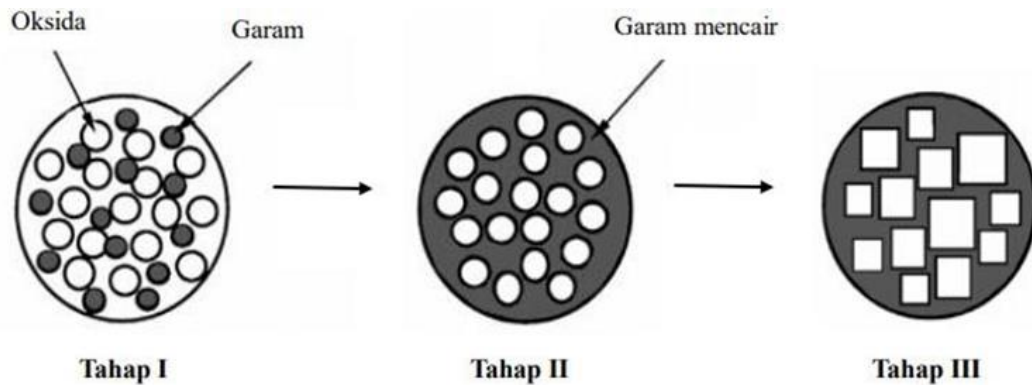
Komposisi	Rata-rata pembentukan (mmol/h ⁻¹)		Jumlah total pembentukan (mmol)	
	H ₂	O ₂	H ₂	O ₂
x = 0	2,64	0,12	21,11	0,95
x = 0,025	2,47	0,14	19,73	1,09
x = 0,05	3,00	0,15	23,98	1,22
x = 0,075	3,46	0,17	27,65	1,35
x = 0,1	4,64	0,20	37,11	1,58

2.5 Metode Lelehan Garam

Metode lelehan garam dilaporkan dapat mensintesis nanopartikel oksida logam dengan sangat cepat dan efisien dari prekursor ion logam dengan fluks/garam cair yang tepat pada suhu di luar titik leleh garam. Metode ini memiliki teknik sederhana yang murah, bersih dan terukur. Karena berbagai sifatnya yang menguntungkan dan mudah diskalakan dibandingkan dengan metode *solid state* dimana aktivitas kimia dibatasi oleh panjang difusi yang besar dan lambat untuk bereaksi (Gupta, dkk., 2019). Metode lelehan garam mensintesis menggunakan garam cair sebagai media reaksi. Satu atau lebih garam dengan titik leleh rendah digunakan sebagai media reaksi. Setelah reaksi selesai dan didinginkan pada suhu kamar, garam dicuci dengan pelarut yang sesuai dan produk akhirnya adalah diperoleh. Penggunaan campuran garam cair sebagai media yang aktif konduktif untuk difusi reaktan dalam sistem reaksi. Beberapa peneliti menemukan bahwa metode lelehan garam memiliki keunggulan dalam meningkatkan kristalinitas fotokatalis (Luo, dkk., 2021). Jenis garam yang digunakan dapat berupa garam tunggal dan garam campuran. Contoh garam tunggal yaitu NaCl, MgCl₂, KCl, dan lain-lain, sedangkan garam campuran yaitu K₂CO₃-Na₂CO₃, NaNO₃-KNO₃-NaNO₂, NaCl-KCl (Kuchibhotla, dkk., 2020).

Tahap pemrosesan dari metode lelehan garam dapat diilustrasikan pada Gambar 2.8. Pada tahap I, oksida reaktan dan prekursor yang sesuai dengan senyawa yang diinginkan dicampur dengan garam yang diinginkan misalnya NaCl, KCl atau campuran eutentik dari garam misalnya, NaCl-KCl, NaOH-KOH, NaNO₃-KNO₃, Na₂SO₄-K₂SO₄, Li₂SO₄-Na₂SO₄. Pada tahap II, campuran dipanaskan pada suhu di atas titik leleh media garam untuk membentuk fluks cair. Pada suhu ini, molekul prekursor teradsorpsi, terdispersi, tersusun kembali

kemudian berdifusi dengan cepat ke seluruh garam. Pada tahap III, partikel produk mulai berinti dan tumbuh melalui proses pengendapan larutan. Karakteristik produk dikontrol dengan memilih durasi pemanasan dan suhu. Massa yang direaksikan didinginkan hingga mencapai suhu ruang dan dicuci dengan pelarut untuk menghilangkan garam. Kemudian serbuk oksida dapat diperoleh setelah pengeringan, dan memiliki beberapa karakteristik unik dibandingkan dengan metode yang lain (Xue, dkk., 2018).

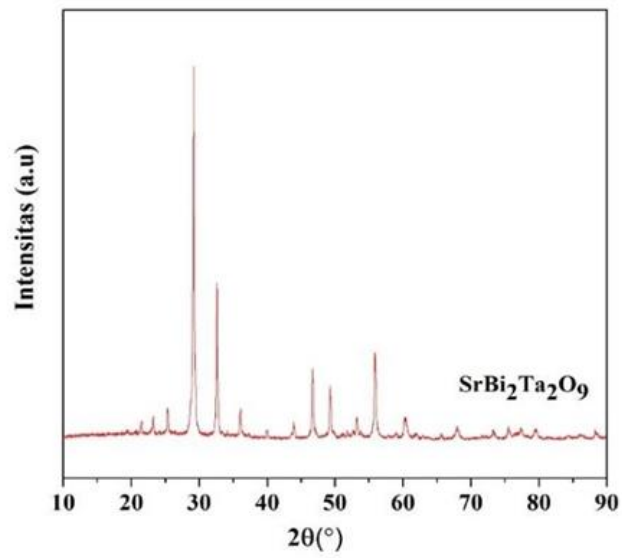


Gambar 2.8 Tahapan mekanisme sintesis lelehan garam (Xue, dkk., 2018)

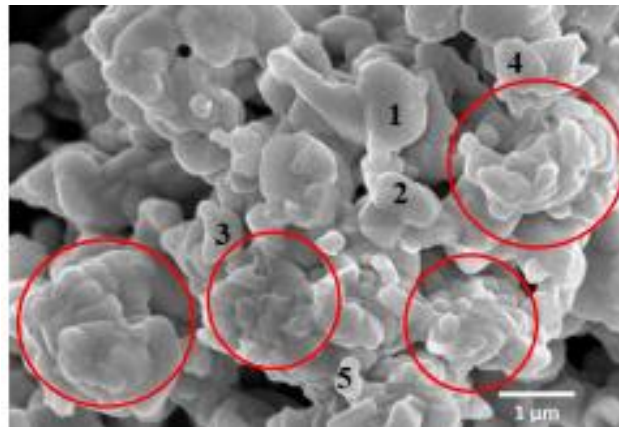
2.6 Sintesis Senyawa Aurivillius dengan Metode Lelehan Garam

Sintesis senyawa Aurivillius dengan metode lelehan garam sudah dilakukan oleh berbagai pihak Rouf, dkk., (2021) berhasil mensintesis senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$. Difraktogram senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ditampilkan pada Gambar 2.9 dan dicocokkan dengan standar $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ pada *International Crystallography Standar Data* (ICSD) No. 92057 dengan grup ruang $A2_1am$. kesesuaian pola antara difraktogram sampel dengan standar dan ditemukan puncak difraksi khas SBTO pada posisi 2θ ($^\circ$): 21,8; 23,04; 25,18; 28,98; 32,4; 35,86; 39,76; 43,7; 46,46; 49,08; 52,98; 55,7; dan 60,04. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa target $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ telah berhasil disintesis dan ketiadaan puncak tambahan menunjukkan bahwa tidak ada fasa pengotor. Difraktogram juga menunjukkan bahwa masih ada *noise* yang menunjukkan bahwa kristalinitas sampel tidak tinggi. Peneliti lain telah melaporkan bahwa untuk sintesis $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan metode reaksi keadaan padat membutuhkan suhu 1200°C .

Morfologi sampel $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ditampilkan pada Gambar 2.10 dan menunjukkan bahwa partikel $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ berbentuk *plate-like* dan dalam keadaan teraglomerasi. Bentuk *plate-like* merupakan bentuk khas dari senyawa Aurivillius. Terbentuknya aglomerasi merupakan efek penggunaan metode sintesis reaksi keadaan padatan dikarenakan penggunaan suhu tinggi. Diperoleh hasil bahwa luas area partikelnya relatif besar pada rentang $0,127\text{-}0,758 \mu\text{m}^2$, sehingga dapat dinyatakan bahwa ukuran partikelnya juga relatif besar.



Gambar 2.9 Difraktogram senyawa SrBi₂Ta₂O₉ (Rouf, dkk., 2021)



Gambar 2.10 Mikrograf senyawa SrBi₂Ta₂O₉ (Rouf, dkk., 2021)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli - November 2023 yang bertempat di Laboratorium Kimia Fisika dan Biokimia Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD di Universitas Negeri Malang, UV-Vis DRS di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, SEM di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain, seperangkat alat gelas, *mortar agate*, neraca analitik, tanur, *hotplate*, oven, seperangkat instrument XRD, seperangkat instrument SEM, seperangkat instrument UV-Vis, seperangkat instrument UV-Vis DRS, dan reactor fotokatalis dengan lampu *blacklight blue*, plat inkubasi, dan daya sebesar 40 watt, autoklaf, jarum ose, korek dan cawan petri, tabung reaksi, kapas.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan antara lain SrCo_3 (Aldrich, 99% serbuk), Ta_2O_5 (Aldrich, 99% serbuk), Bi_2O_3 (Aldrich, 99% serbuk), AgNO_3 (Aldrich, larutan 2,5%), NaCl (Aldrich, 99% serbuk), KCl (Aldrich, 99% serbuk), Asam Sitrat (1:1), aseton, dan aquades, *Nutrient broth* (Nb), *Nutrient agar* (Na), alumunium foil, kapas.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian sebagai berikut:

a. Tahapan sintesis

Penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif. Tahapan dimulai dengan proses pengadaan bahan dan alat, perhitungan dan penimbangan jumlah bahan, penggerusan, proses homogenasi, serta proses pemanasan awal dengan suhu di bawah titik leleh garam dengan tujuan untuk menaikkan titik didih dari komponen yang bereaksi. Kemudian, sintesis senyawa Aurivillius lapis dua $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ dengan metode lelehan garam NaCl/KCl dengan rasio 1:7. Campuran yang telah terbentuk dikalsinasi pada suhu 750 dan 820 °C selama 6 jam lalu dilanjutkan dengan pendinginan sampai suhu ruang, dan menghilangkan kadar garam dengan air panas kemudian, diuji kandungan garam dengan ditetesi AgNO_3 sampai tidak ada kandungan garamnya. Endapan kemudian di inkubasi pada suhu 80 °C selama 3 jam.

b. Tahapan karakterisasi

Karakterisasi sampel yang telah disintesis mencakup antara lain, (a) karakterisasi dan analisa produk sintesis menggunakan instrumen XRD untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk, (b) karakterisasi dan analisa morfologi, dan ukuran partikel produk menggunakan instrumen SEM, dan (c) penentuan energi celah pita produk menggunakan instrumen UV-Vis DRS. Kemudian uji aktivitas antibakteri pada senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ terhadap bakteri *S. aureus* menggunakan metode difusi tuang.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi bahan dan Pemanasan Awal

Dalam penelitian $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ disintesis dengan mencampurkan prekursor sebanyak 4 gram. Prekursor SrCO_3 , Bi_2O_3 , Ta_2O_5 yang digunakan, dirangkum pada Tabel 3.1. Pencampuran bahan prekursor dengan garam dilakukan dengan perbandingan 1:7. Pencampuran bahan prekursor dilakukan dengan cara digerus menggunakan *mortar agate* selama kurang lebih 3 jam dan ditambahkan aseton untuk mempermudah dalam penggerusan. Produk yang telah terbentuk dikalsinasi menggunakan tanur dengan suhu 750 dan 820 °C untuk menaikkan titik leleh garam, pemanasan dilakukan selama 6 jam. Serbuk yang telah terbentuk diletakkan pada corong kaca yang sudah diberi kertas saring pada gelas Erlenmeyer, kemudian dicuci menggunakan air panas sampai kandungan garamnya hilang, filtrat pada gelas Erlenmeyer diuji dengan meneteskan larutan AgNO_3 sampai kandungan garam hilang. Kemudian, endapan yang telah terbentuk dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80 °C selama 3 jam

Tabel 3.1 Massa tiap reaktan hasil perhitungan

Senyawa	Massa (g)	Massa pereaksi (gram)				
		SrCO_3	Bi_2O_3	Ta_2O_5	NaCl	KCl
$\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$	4	0,5838	1,8427	1,7475	1,6311	2,0845

3.4.2 Karakterisasi Menggunakan XRD

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

3.4.3 Karakterisasi Menggunakan SEM

Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk menganalisa morfologi, struktur partikel dan ukuran partikel. Produk hasil sintesis kemudian ditempatkan 50 mg sampel pada

sampel *holder*. Kemudian, ditempatkan pada instrumen SEM dengan perbesaran 7000-15000 kali.

3.4.4 Karakterisasi Menggunakan UV-Vis DRS

Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS bertujuan untuk mengetahui energi celah pita dan serapan sinar dari material hasil sintesis. Sampel yang akan dikarakterisasi dalam bentuk bubuk halus yang ditempatkan pada holder, kemudian sampel diukur dengan instrumen UV-Vis DRS pada panjang gelombang 200-800 nm.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Data XRD

Data yang diperoleh dari karakterisasi akan dibandingkan dengan menggunakan XRD. Pengukuran dilakukan pada suhu ruang menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dengan radiasi monokromator Cu $K\alpha$ ($\lambda = 1,5496 \text{ \AA}$), diukur pada rentang $2\theta = 10-80^\circ$ dengan langkah $2\theta = 0,0092^\circ$ dan 1 detik/langkah. Data yang diperoleh dari karakterisasi XRD berupa difraktogram yang terdiri dari puncak difraksi, yang kemudian dibandingkan dengan penelitian Laurikenas, dkk (2018). Data yang dihasilkan dianalisis dan dibandingkan dengan data pola difraksi JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*) menggunakan software *X'pert Highscore* dan Origin Pro.

3.5.2 Analisis Data SEM

Hasil dari karakterisasi SEM berupa morfologi, ukuran partikel senyawa $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$. Gambar hasil karakterisasi diolah menggunakan *software image-J* untuk mengetahui ukuran diameter partikel hasil sintesis dengan pengamatan objek secara spesifik dengan tingkat keakuratan dimensi objek dan spektrometri dengan tingkat presisi sebesar 97%. Tahap pertama dibuka aplikasi *image-J* klik open file, lalu membuka gambar hasil karakterisasi SEM, setelah itu klik *image > Type 8 bit* kemudian *Analyze > Set Scale >* atur 0.00 yang berfungsi untuk menetralkan ukuran partikel yang akan dianalisis. Selanjutnya menggambar garis lurus sepanjang ukuran acuan dengan memilih icon garis pada Tool Bar. Pilih klik *Analyze > Set Scale* ubah skala sesuai dengan hasil SEM. Setelah itu klik *Image > Duplicate*. Klik *Analyze Particle >* ubah menjadi *5-Infinity*.

Analisis partikel dapat dilakukan dengan cara menggambar garis lurus pada partikel yang tergambar dalam gambar digital SEM kemudian klik Ctrl + M. Nilai yang didapat merupakan diameter partikel sebagai nilai ukuran partikel yang dianalisis. Pola distribusi ukuran partikel sampel yang dianalisis disajikan dalam bentuk histogram dengan menggunakan software Origin. Dari semua data kemudian dibandingkan morfologi partikel yang terbentuk untuk mengetahui pengaruh $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ terhadap morfologi, ukuran partikel, dan komposisi senyawa.

3.5.3 Analisis Data UV-Vis DRS

Hasil karakterisasi menggunakan 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 $F(R)$ merupakan faktor Kubelka-Munk, K merupakan koefisien absorpsi molar, S merupakan *scattering*, dan R merupakan nilai reflektan.

Dengan $F(R)$ adalah faktor Kubelka-Munk, k , Eg dan $h\nu$ masing-masing merupakan konstanta proporsionalitas, celah pita dan foton yang datang. Eksponen ' n ' tergantung pada transisi, di mana $n = \frac{1}{2}, 2, 3$ dan 3 untuk transisi langsung yang diizinkan, tidak langsung yang diizinkan, langsung yang dilarang, dan tidak langsung yang dilarang (Rahmawati, dkk., 2017). Nilai energi celah pita ditentukan dari membuat plot antara energi foton ($h\nu$) (sebagai sumbu x) dan $(F(R) h\nu)^{1/2}$ (sebagai sumbu y). Energi foton ($h\nu$) bisa dihitung dari data panjang gelombang yang terukur, dimana $h\nu = hc/\lambda$ dengan c adalah tetapan cahaya dan h adalah konstanta plank. Energi celah pita dihitung secara regresi linier pada nilai x ($h\nu =$ energi celah pita) ketika $y=0$.

3.6 Uji Aktivitas Antibakteri

3.6.1 Sterilisasi Alat

Sterilisasi alat dilakukan sebelum semua peralatan digunakan, yaitu dengan cara semua alat dibungkus dengan menggunakan kertas dan disterilkan dalam autoklaf pada 121 °C dengan tekanan 15 psi (per square inci) selama 15 menit. Alat yang tidak tahan terhadap panas disterilkan dengan alkohol 90%.

3.6.2 Pembuatan Media *Nutrient Agar* (NA)

Pembuatan media dilakukan dengan cara disiapkan 2 gram *Nutrient Agar* (NA) 100 ml akuades sambil dipanaskan sampai mendidih, kemudian dipindahkan pada erlenmeyer dan disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 60 menit dengan tekanan Psi. Media dibiarkan pada suhu ruang selama 15 menit dengan posisi miring (Yanti, dkk., 2017).

3.6.3 Pembuatan Media *Nutrient Broth* (NB)

Media agar cair (NB) digunakan untuk pembuatan larutan inokulum bakteri. Media cair dibuat dengan cara 0,8 gram NB dilarutkan dalam akuades, lalu dimasukkan dalam Erlenmeyer dan ditutup dengan kapas. Kemudian suspensi dipanaskan sampai mendidih lalu didinginkan dalam suhu ruangan, media disterilkan dalam autoklaf selama 15 menit dengan suhu 121°C (Dima, dkk., 2016).

3.6.4 Peremajaan Bakteri

Peremajaan bakteri dilakukan dengan menggunakan metode gores. Biakan murni bakteri *S. aureus* diambil satu ose kemudian di inokulasikan dengan cara digoreskan pada

media NA secara aseptik. Kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Yanti, dkk., 2017)

3.6.5 Pembuatan Inokulum *Staphylococcus aureus*

Pembuatan inokulum ini dilakukan dengan cara memindahkan ose *Staphylococcus aureus* ke dalam 100 mL media NB, kemudian di inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Kekeruhan inokulum sel *staphylococcus aureus* yang digunakan disetarakan dengan *optical density* (OD) 0,1 pada Panjang gelombang 600 nm (Rahmawati, 2016).

3.6.6 Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa SrBi₂Ta₂O₉ terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

3.6.6.1 Uji Aktivitas Antibakteri dalam Keadaan Gelap

Inokulum *Staphylococcus aureus* dengan OD 0,1 sebanyak 100 mL, kemudian diinkubasi dalam keadaan gelap selama 120 menit.

3.6.6.2 Uji Aktivitas Antibakteri dengan Radiasi Sinar UV

Inokulum *Staphylococcus aureus* dengan OD 0,1 sebanyak 100 mL. Kemudian dipapar dengan lampu UV 40 W dan dioptimasi selama 120 menit.

3.6.6.3 Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa SrBi₂Ta₂O₉ dalam Keadaan Gelap

Inokulum *Staphylococcus aureus* dengan OD 0,1 sebanyak 100 mL. kemudian ditambahkan SrBi₂Ta₂O₉ sesuai perlakuan, pengujian dilakukan dengan variasi sebanyak 2,5; 5 dan 10 mg. kemudian didiamkan di tempat gelap selama 120 menit

3.6.6.4 Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa SrBi₂Ta₂O₉ dengan Radiasi Sinar UV

Inokulum *Staphylococcus aureus* dengan OD 0,1 sebanyak 100 mL, kemudian ditambahkan SrBi₂Ta₂O₉ sesuai perlakuan, pengujian dilakukan dengan variasi sebanyak 2,5; 5 dan 10 mg dan dihomogenkan. Sampel dipapar dengan lampu UV 40 W dan dioptimasi selama 120 menit. Dihitung bakteri *Staphylococcus aureus* yang mati dengan metode *pour plate* (metode tuang).

3.5.7 Perhitungan Jumlah Sel Bakteri

Sampel 1 mL kemudian dimasukkan dalam tabung reaksi yang sudah disiapkan sebanyak 8 buah diisi dengan NaCl 0,9% steril sebanyak 9 mL. Inokulum bakteri *S. aureus* dalam media NB diambil sebanyak 1 mL dan dihomogenkan dengan vortex dan dihitung sebagai pengenceran pertama (10^{-1}). Larutan dari tabung pertama dipipet sebanyak 1 mL dan dimasukkan kedalam tabung kedua sehingga diperoleh pengenceran tingkat kedua (10^{-2}). Demikian seterusnya hingga dapat pengenceran 10^{-7} . Perhitungan jumlah sel bakteri dilakukan dengan metode (TPC). Masing-masing pengenceran diambil sebanyak 0,1 mL dan

dimasukkan dalam cawan petri kemudian ditambahkan media NA, perlakuan dilakukan secara duplo. cawan petri digoyang-goyang hingga merata dan didiamkan hingga membeku kemudian diinkubasi dengan posisi terbalik selama 24 jam pada suhu 37 °C. Cara menghitung, dipilih cawan petri yang mempunyai koloni antar 25-250. Jika perbandingan antara kedua pengenceran < 2, maka nilai yang diambil adalah rata-rata dari kedua nilai tersebut dengan memperhatikan nilai pengencerannya. Jika perbandingan > 2, maka diambil yang terbesar atau yang terkecil. Catat pertumbuhan koloni setiap cawan yang mengandung koloni. Hitung angka TPC dengan jumlah koloni rata-rata dengan faktor pengenceran yang digunakan dengan satuan *colony forming unit/mL* (CFU/mL) (Retnowati, dkk., 2014)

Perhitungan jumlah bakteri menggunakan cawan petri berdasarkan persamaan 3.2:

$$\text{Jumlah bakteri} = \text{jumlah koloni tiap cawan} \times \frac{1}{f_p} \text{ cfu} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dengan F_p adalah faktor pengenceran (Faktor pengenceran= pengenceran (x) jumlah yang diencerkan).

DAFTAR PUSTAKA

- Afqir, M., Elaammani, M., Zegzouti, A., Tahiri, N., & Daoud, M. (2022). Molten salt synthesis of Gd-doped $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ ceramics with enhanced dielectric properties at room temperature. *Applied Physics A*, 128(9), 832.
- Azam, A., Ahmed, A. S., Oves, M., Khan, M. S., Habib, S. S., & Memic, A. (2012). Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles against Gram-positive and Gram-negative bacteria: a comparative study. *International journal of nanomedicine*, 6003-6009.
- al-Abror, M. L., Hastuti, E., & Prasetyo, A. (2022). Molten Salt Synthesis of Photocatalyst Material $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ for Methylene Blue Degradation. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 17(2).
- Babayevska, N., Przysiecka, Ł., Iatsunskyi, I., Nowaczyk, G., Jarek, M., Janiszewska, E., & Jurga, S. (2022). ZnO size and shape effect on antibacterial activity and cytotoxicity profile. *Scientific Reports*, 12(1), 1-13.
- Cai, Z., Xing, X., Li, L., & Xu, Y. (2008). Molten salt synthesis of lead lanthanum zirconate titanate ceramic powders. *Journal of Alloys and Compounds*, 454(1-2), 466-470.
- Chandrangsu, P., Rensing, C., & Helmann, J. D. (2017). Metal homeostasis and resistance in bacteria. *Nature Reviews Microbiology*, 15(6), 338-350.
- Chen, W., Chen, X., Yang, Y., Yuan, J., & Shangguan, W. (2014). Synthesis and performance of layered perovskite-type H- $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba, $\text{K}_{0.5}\text{La}_{0.5}$) for photocatalytic water splitting. *International journal of hydrogen energy*, 39(25), 13468-13473.
- Christy, A. J., Suresh, S., & Nehru, L., C. (2021). Enhanced antibacterial and photocatalytic activities of nickel oxide nanostructures. *Optik*, 237, 166731.
- Dima, L. R. (2016). Uji aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Pharmakon*, 5(2).
- Faniyah, I., & Hidayatullah, A. F. (2021). Kajian Logam Dalam Al-Qur'an dan Korelasinya pada Konsep Pemikiran Jabir bin Hayyan. *al Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 8(1), 21-27.
- 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, 100734.
- Li, Y., Chen, G., Zhang, H., Li, Z., & Sun, J. (2008). Electronic structure and photocatalytic properties of $\text{ABi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (A= Ca, Sr, Ba). *Journal of Solid State Chemistry*, 181(10), 2653-2659.
- 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, 109633.
- Long, Z., Li, Q., Wei, T., Zhang, G., & Ren, Z. (2020). Historical development and prospects of photocatalysts for pollutant removal in water. *Journal of hazardous materials*, 395, 122599.
- Luo, L., Wang, S., Wang, H., Tian, C., & Jiang, B. (2021). Molten-Salt Technology Application for the Synthesis of Photocatalytic Materials. *Energy Technology*, 9(2), 2000945.

- Maeda, K., & Domen, K. (2007). Fotokatalis non-oksidasi baru yang dirancang untuk pemisahan air secara keseluruhan di bawah cahaya tampak. *Jurnal kimia fisika C*, 111 (22), 7851-7861.
- Makula, P., Pacia, M., & Macyk, W. (2018). How to correctly determine the band gap energy of modified semiconductor photocatalysts based on UV-Vis spectra. *The journal of physical chemistry letters*, 9(23), 6814-6817.
- Marela, S. D., Aini, N., Hardian, A., Suendo, V., & Prasetyo, A. (2021). The effect of synthesis temperature on the plate-like particle of Bi₄Ti₃O₁₂ obtained by molten NaCl salt method. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 10(1), 64-71.
- Mulyadi, M., Wuryanti, W., & Sarjono, P. R. (2017). Konsentrasi hambatan minimum (KHM) kadar sampel alang-alang (*Imperata cylindrica*) dalam etanol melalui metode difusi cakram. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(3), 130-135.
- Pramadewi, Z. I., & Wahyuni, S. (2015). Sintesis nanokomposit TiO₂/SiO₂-PVA dan aplikasinya sebagai antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(2).
- Prasetyo, A. D. (2020). *Sintesis SrTiO₃ terdoping Fe dengan metode lelehan garam* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Quek, J. A., Sin, J. C., Lam, S. M., Mohamed, A. R., & Zeng, H. (2020). Bioinspired green synthesis of ZnO structures with enhanced visible light photocatalytic activity. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 31, 1144-1158.
- Rahmawati, R. (2014). *Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun sisik naga (*Drymoglossum piloselloides* (L.) Presl) dan binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) terhadap bakteri *Streptococcus mutans** (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Ramana, E. V., Prasad, N. V., Tobaldi, D. M., Zavašnik, J., Singh, M. K., Hortigüela, M. J., ... & Valente, M. A. (2017). Effect of samarium and vanadium co-doping on structure, ferroelectric and photocatalytic properties of bismuth titanate. *RSC advances*, 7(16), 9680-9692.
- Regmi, C., Joshi, B., Ray, S. K., Gyawali, G., & Pandey, R. P. (2018). Understanding mechanism of photocatalytic microbial decontamination of environmental wastewater. *Frontiers in chemistry*, 6, 33.
- Ren, J., Wang, W., Zhang, L., Chang, J., & Hu, S. (2009). Photocatalytic inactivation of bacteria by photocatalyst Bi₂WO₆ under visible light. *Catalysis Communications*, 10(14), 1940-1943.
- Retnowati, P. A., & Kusnadi, J. (2014). Pembuatan Minuman Probiotik Sari Buah Kurma (*Phoenix Dactylifera*) Dengan Isolat *Lactobacillus Casei* Dan *Lactobacillus Plantarum* [In Press April 2014]. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(2), 70-81.
- Rodhiyah, N. (2018). *Sintesis senyawa Bi₄Ti₃O₁₂ (BIT) dengan variasi rasio Mol BIT: NaCl menggunakan metode lelehan garam* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Rouf, U. A., Hastuti, E., & Prasetyo, A. (2021). Uji Degradasi Pewarna Rhodamine B oleh Senyawa Aurivillius Lapis Dua SrBi₂Ta₂O₉. *Jurnal Kartika Kimia*, 4(1), 51-57.

- Selvamani, V., Zareei, A., Elkashif, A., Maruthamuthu, M. K., Chittiboyina, S., Delisi, D., ... & Rahimi, R. (2020). Hierarchical micro/mesoporous copper structure with enhanced antimicrobial property via laser surface texturing. *Advanced Materials Interfaces*, 7(7), 1901890.
- Sharma, N., Prabakar, K., Ilango, S., Dash, S., & Tyagi, A. K. (2017). Optical band-gap and associated Urbach energy tails in defected AlN thin films grown by ion beam sputter deposition: Effect of assisted ion energy. *Advanced Materials Proceedings*, 2(5), 342-346.
- Shetty, M., Muniyappa, M., Rani, M. N., Gangaraju, V., D. Shivaramu, P., & Rangappa, D. (2021). Photocatalytic Efficiency of Bi-Based Aurivillius Compounds: Critical Review and Discernment of the Factors
- Shimakawa, Y., Kubo, Y., Nakagawa, Y., Kamiyama, T., Asano, H., & Izumi, F. (1999). Crystal structures and ferroelectric properties of $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ and $\text{Sr}_{0.8}\text{Bi}_{2.2}\text{Ta}_2\text{O}_9$. *Applied Physics Letters*, 74(13), 1904-1906.
- Sofia, W. N. (2021). Interpretasi Imam Al-Maraghi dan Ibnu Katsir Terhadap Qs. Ali Imran Ayat 190-191: Imam Al-Maraghi and Ibn Kathir's Interpretation of Qs. Ali Imran Verses 190-191. *Tafkir: Interdisciplinary Journal of Islamic Education*, 2(1), 41-57.
- Stanković, A., Dimitrijević, S., & Uskoković, D. (2013). Influence of size scale and morphology on antibacterial properties of ZnO powders hydrothermally synthesized using different surface stabilizing agents. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 102, 21-28.
- Tian, Y., Zeng, W., Liu, Q. J., & Liu, Z. T. (2018). Theoretical Study of the Structural, Electronic, Chemical Bonding and Optical Properties of the $A_{21}am$ Orthorhombic $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$. *Brazilian Journal of Physics*, 48, 25-30.
- Wahab, R., Khan, F., & Al-Khedhairi, A. A. (2020). Peanut-shaped ZnO nanostructures: a driving force for enriched antibacterial activity and their statistical analysis. *Ceramics International*, 46(1), 307-316.
- Wu, X., Zhang, F., Wang, X., Wang, H., Chen, Y., Zhu, J & Chen, Q. (2021). Study of the synthetic process of $\text{CaBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ powder by the molten-salt method. *Journal of Materials Research*, 36, 1058-1066.
- Xue, Piaojie, et al. "Recent progress in molten salt synthesis of low-dimensional perovskite oxide nanostructures, structural characterization, properties, and functional applications: A review." *Journal of materials science & technology* 34.6 (2018): 914-930.
- Yanti, Y. N., & Mitika, S. (2017). Uji efektivitas antibakteri ekstrak etanol daun sambiloto (*Andrographis paniculata* Nees) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 2(1), 158-168.
- Zhang, L., Wang, W., Zhou, L., & Xu, H. (2007). Bi_2WO_6 nano-and microstructures: shape control and associated visible-light-driven photocatalytic activities. *Small*, 3(9), 1618-1625.
- 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.
- Zulhadjri, Z., Amir, F. Q., Mahmud, M., Septiani, U., & Arief, S. (2020). Struktur dan Sifat Dielektrik Senyawa Aurivillius $\text{CaBi}_3\text{LaTi}_4\text{O}_{15}$ yang Disintesis dengan Teknik Hidrotermal. *Jurnal Riset Kimia*, 11(1), 9-15.