

**UJI DEGRADASI CIPROFLOXACIN OLEH SENYAWA $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) YANG
DIPEROLEH DARI METODE LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

**Oleh:
Bima Ardi Saputra
NIM. 19630095**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**UJI DEGRADASI CIPROFLOXACIN OLEH SENYAWA $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) YANG
DIPEROLEH DARI METODE LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

**Oleh:
Bima Ardi Saputra
NIM. 19630095**

**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
2024**

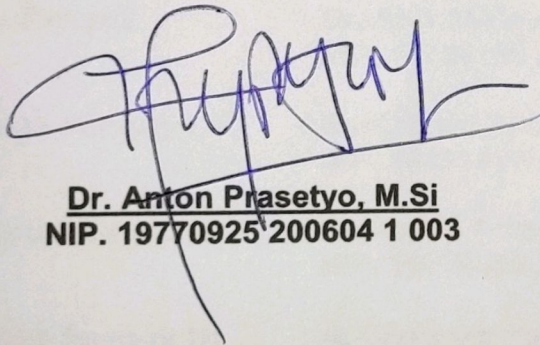
**UJI DEGRADASI CIPROFLOXACIN OLEH SENYAWA $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) YANG
DIPEROLEH DARI METODE LELEHAN GARAM**

SKRIPSI

Oleh:
Bima Ardi Saputra
NIM. 19630095

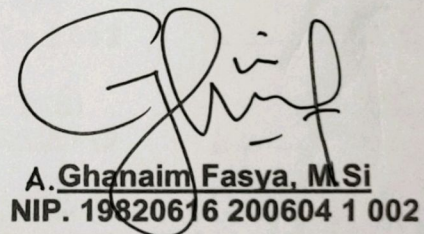
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 19 Juni 2024

Pembimbing I



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

Pembimbing II



A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 010

UJI DEGRADASI CIPROFLOXACIN OLEH SENYAWA $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) YANG
DIPEROLEH DARI METODE LELEHAN GARAM

SKRIPSI

Oleh:
BIMA ARDI SAPUTRA
NIM. 19630095

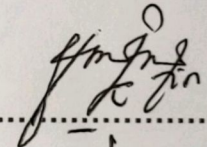
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 19 Juni 2024

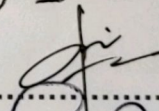
Ketua Penguji : Dr. Anik Ma'unatin, MP.
NIP. 19760105 202321 2 012

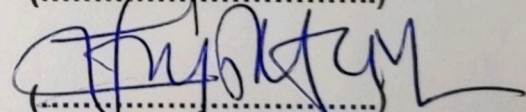
Anggota Penguji I : Susi Nurul Khalifah, M.Si
NIP. 19851020 201903 2 012

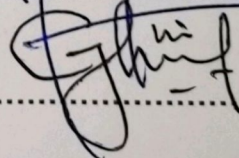
Anggota Penguji II : Dr. Anton Prasetyo, M.Si
NIP. 19770925 200604 1 003

Anggota Penguji III : A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002


(.....)


(.....)


(.....)


(.....)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi


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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bima Ardi Saputra
NIM : 19630095
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Uji Degradasi Ciprofloxacin oleh Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba)
Yang Diperoleh Dari Metode Lelehan Garam

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

Yang membuat pernyataan
Malang, 18 Juni 2024



Bima Ardi Saputra
NIM. 19630095

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kupersembahkan kepada-Mu Ya Allah atas segala nikmat dal ilmu yang telah engkau berikan. Shalawat dan salam selalu penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW. SeHINGA saya, Bima Ardi Saputra akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini, Dengan ini penulis persembahkan Skripsi ini untuk:

Kedua orang tua penulis, Bapak Pono dan Ibu Titik Muji Astutik, terima kasih telah memberikan dukungan dan semangat yang tidak ada hentinya kepada saya, baik dukungan moril maupun materil. Terima kasih telah mendoakan yang diapanjatkan, sehingga penulis selalu memperoleh kemudahan dalam segala hal. Terima kasih yang penulis ucapkan untuk Ayah dan Mama mungkin masih kurang atas doa, dukungan, semangat, dan segala nasehat yang telah kalian berikan. Bahkan ribuan terima kasih dari penulis masih kurang atas apa yang kalian berikan. Terima kasih untuk semuanya, penulis sayang ayah dan mama.

Bapak dan Ibu dosen kimia dan seluruh jajaran yang telah membimbing penulis selama 5 tahun ini, khususnya Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si, , Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si, , Ibu Anik Maunatin, M.P, dan Ibu Susi Nurul Khalifah, M.Si yang telah memberikan bimbingan, dan motivasi selama ini. Semoga kebaikan Bapak dan Ibu semua mendapat balasan yang baik dari Allah SWT.

Semua teman-teman dari Angkatan 2019 “Uranium”, grup penelitian “Fotokatalis” Vio, Nuril, Amalia, Ima,dan Ussy, dan sahabat penulis Ibnu, Nadhif, Arya, Geofany, Farhan, Rizal yang telah mendukung, membimbing,memberikan motivasi, kepada penulis.

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 DEGRADASI CIPROFLOXACIN oleh Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A=Ca, Sr, Ba$) yang Diperoleh dari Metode Lelehan Garam”** dengan baik 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 dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan moril serta materil sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.
2. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, 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 Ghanaim Fasya, M.Si, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan nasihat dalam penulisan proposal ini.
7. Seluruh warga Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

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, 7 Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR PERSAMAAN	xxi
ABSTRAK	xxiii
ABSTRACT	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Senyawa Aurivillius $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)	5
2.2 Ciprofloxacin	6
2.3 Fotokatalis.....	6
2.4 Senyawa Aurivillius $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) sebagai fotokatalis	7
2.5 Degradasi Bahan Antibiotik oleh Material Fotokatalis	8
2.6 Pengaruh Morfologi Pada Aktivitas Fotokatalis.....	10
2.7 Sintesis Senyawa Aurivillius dengan Metode Lelehan Garam	12
2.8 Sintesis Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) dengan Metode Lelehan Garam	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.2.1 Alat.....	16
3.2.2 Bahan	16
3.3 Rancangan Penelitian	17
3.4 Tahapan Penelitian	17
3.5 Prosedur Kerja	17
3.5.1 Sintesis Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) dengan Metode Lelehan Garam....	17
3.5.2 Karakterisasi Sampel Produk $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba).....	18
3.5.2.1 Karakterisasi Sampel $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan Instrumen XRD.....	18
3.5.2.2 Karakterisasi Sampel $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan Instrumen SEM.....	18
3.5.2.3 Karakterisasi Sampel $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan Instrumen UV-Vis DRS.....	18
3.5.3 Analisis Data	18
3.5.3.1 Analisis Data XRD	18
3.5.3.2 Analisis Data SEM	18
3.5.3.3 Analisis Data UV-Vis DRS	18
3.5.4 Uji Aktivitas Fotokatalitik.....	19
3.5.4.1 Pembuatan Larutan Induk Ciprofloxacin	19
3.5.4.2 Pengujian Kestabilan Larutan Ciprofloxacin	19
3.5.4.3 Pengujian Kemampuan Adsorpsi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)	20

3.5.4.4 Pengujian Aktivitas Fotokatalitik	20
3.6 Analisa Data	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Sintesis Senyawa $ABi_4Ta_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan Metode Lelehan Garam	22
4.2 Karakterisasi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan XRD	23
4.3 Karakterisasi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan SEM	25
4.4 Karakterisasi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan UV-Vis DRS	26
4.5 Uji Aktivitas Fotokatalitik $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan Ciprofloxacin	28
4.5.1 Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum Ciprofloxacin	28
4.5.2 Pembuatan Kurva Standar Ciprofloxacin	28
4.5.3 Uji Kestabilan Larutan Ciprofloxacin	29
4.5.4 Uji Kemampuan Adsorpsi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Terhadap <i>Ciprofloxacin</i>	29
4.5.5 Uji Degradasi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Terhadap Ciprofloxacin Menggunakan Lampu UV	32
BAB V PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rencana Penelitian	47
Lampiran 2. Diagram Alir	48
Lampiran 3. Perhitungan.....	52
Lampiran 4. Data XRD	56
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi SEM.....	66
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS	68
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS	71
Lampiran 8. Perhitungan Konsentrasi, % Adsorpsi, dan % Degradasi Material $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba).....	73
Lampiran 9. Dokumentasi	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur senyawa Aurivillius lapis empat $ABi_4Ti_4O_{15}$	5
Gambar 2.2	Struktur <i>ciprofloxacin</i>	6
Gambar 2.3	Mekanisme fotokatalis	7
Gambar 2.4	Spektra desorpsi dan adsorpsi	8
Gambar 2.5	Spektra absorbs metilen biru oleh $SrBi_4Ti_4O_{15}$	8
Gambar 2.6	Mekanisme Fotokatalis degradasi antibiotik	9
Gambar 2.7	Nilai persen degradasi levofloxacin.....	10
Gambar 2.8	Aktivitas fotokatalitik degradasi RhB senyawa BTO	10
Gambar 2.9	Ilustrasi proses MSS.....	11
Gambar 2.10	(a) Gambar mikograf (b) Gambar spectrum EDS	11
Gambar 3.1	Spektra UV-Vis <i>ciprofloxacin</i>	19
Gambar 4.1	Sampel sebelum ditanur dan dicuci (a), dan sampel sesudah ditanur dan dicuci (b)	22
Gambar 4.2	Difraktogram Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba).....	24
Gambar 4.2	Difraktogram pergeseran senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)	25
Gambar 4.4	Plot data hasil <i>refinement</i> (a) $CaBi_4Ti_4O_{15}$, (b) $BaBi_4Ti_4O_{15}$, (c) $SrBi_4Ti_4O_{15}$...	25
Gambar 4.5	Hasil SEM (a) $CaBi_4Ti_4O_{15}$, (b) $BaBi_4Ti_4O_{15}$, (c) $SrBi_4Ti_4O_{15}$	25
Gambar 4.6	Spektra reflektansi senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)	26
Gambar 4.7	Plot Tauc senyawa (a) $CaBi_4Ti_4O_{15}$, (b) $BaBi_4Ti_4O_{15}$, (c) $SrBi_4Ti_4O_{15}$	27
Gambar 4.8	Panjang gelombang 8 ppm ciprofloxacin	28
Gambar 4.9	Spektra absorbansi UV-Vis pada larutan standar	29
Gambar 4.10	Hasil pembuatan kurva standar	29
Gambar 4.11	Spektra absorbansi UV-Vis uji kestabilan (a) terpapar sinar UV, dan (b) tempat gelap	30
Gambar L.5.1	Morfologi $CaBi_4Ti_4O_{15}$ pada perbesaran (a) 5000x, (b) 7000x, (c) 10000x, dan (d) 15000x	57
Gambar L.5.2	Morfologi $SrBi_4Ti_4O_{15}$ pada perbesaran (a) 5000x, (b) 7000x, (c) 10000x, dan (d) 15000x.....	58
Gambar L.5.3	Morfologi $BaBi_4Ti_4O_{15}$ pada perbesaran (a) 5000x, (b) 7000x, (c) 10000x, dan (d) 15000x	58
Gambar L.6.1	Spektra DRS $CaBi_4Ti_4O_{15}$	59
Gambar L.6.2	Spektra DRS $SrBi_4Ti_4O_{15}$	59
Gambar L.6.3	Spektra DRS $BaBi_4Ti_4O_{15}$	60
Gambar L.7.1	Spektra absorbansi uji adsorpsi senyawa (a) $CaBi_4Ti_4O_{15}$, (b) $BaBi_4Ti_4O_{15}$, (c) $SrBi_4Ti_4O_{15}$	61
Gambar L.7.2	Spektra degradasi senyawa $CaBi_4Ti_4O_{15}$	67
Gambar L.7.3	Spektra degradasi senyawa $SrBi_4Ti_4O_{15}$	70
Gambar L.7.4	Spektra degradasi senyawa $BaBi_4Ti_4O_{15}$	73
Gambar L.9.1	Proses penggerusan sampel	74
Gambar L.9.2	Sampel setelah dikalsinasi.....	74
Gambar L.9.3	Proses penyaringan sampel	76
Gambar L.9.4	Proses penyaringan larutan hasil fotodegradasi	76

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Massa tiap reaktan hasil perhitungan	16
Tabel 4.1 Nilai energi celah pita dan panjang gelombang senyawa $ABi_2Ta_2O_9$ (A=Ca, Sr, Ba)	27
Tabel 4.2 Hasil uji kestabilan	30
Tabel 4.3 Hasil uji adsorpsi	31
Tabel 4.4 Hasil uji degradasi $ABi_4Ta_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)	31

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1 Persamaan Kubelka-Munk	18
Persamaan 3.2 Persen degradasi	20
Persamaan 4.1 Persamaan reaksi CBT	22
Persamaan 4.2 Persamaan reaksi SBT	22
Persamaan 4.3 Persamaan reaksi BBT	22
Persamaan 4.4 Persamaan reaksi AgNO_3 dan NaCl	23
Persamaan 4.5 Persamaan reaksi AgNO_3 dan KCl	23

ABSTRAK

Saputra, Ardi Bima. 2023. **Uji Degradasi Ciprofloxacin Dengan Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) Yang Diperoleh Dari Metode Lelehan Garam**. *Proposal Penelitian*. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Pembimbing II: Ahmad Ghanaim Fasya, M.Si

Kata kunci: $ABi_4Ti_4O_{15}$, *ciprofloxacin*, aktivitas fotokatalitik, metode lelehan garam.

Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) adalah senyawa Aurivillius lapis empat yang dilaporkan mempunyai beberapa sifat menarik seperti feroelektrik dan fotokatalis sehingga dapat digunakan untuk mendegradasi limbah antibiotik. Tujuan penelitian kali ini adalah untuk mengetahui struktur kristal, ukuran partikel, morfologi, energi celah pita dan aktivitas fotokatalitik senyawa. Hasil difraktogram senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) menunjukkan kesesuaian dengan difraktogram standar yang menunjukkan bahwa senyawa target berhasil di sintesis. Difraktogram sampel juga menunjukkan tidak di temukan puncak tambahan yang menunjukkan tidak adanya pengotor Hasil SEM senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) mendapatkan spektra reflektan morfologi partikel yang sesuai yaitu *plate-like*. Hasil perhitungan *Kubelka-Munk* diperoleh nilai energi celah pita (a) $SrBi_4Ti_4O_{15}$ adalah 3,146, (b) $CaBi_4Ti_4O_{15}$ adalah 3,148, dan (c) $BaBi_4Ti_4O_{15}$ adalah 3,2. Hasil uji degradasi terhadap *ciprofloxacin* menggunakan lampu UV selama 90 menit menunjukkan senyawa $CaBi_4Ti_4O_{15}$, $BaBi_4Ti_4O_{15}$, $SrBi_4Ti_4O_{15}$ memiliki kemampuan untuk menurunkan ciprofloxacin dengan nilai 35,06%, 28 %, dan 26,93 %.

ABSTRACT

Saputra, Ardi Bima. 2023. **Ciprofloxacin Degradation Test of $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) Using Molten Salt Method.** *Mini Thesis*. Chemistry Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Supervisor II: Ahmad Ghanaim Fasya, M.Si.

Kata kunci: $ABi_4Ti_4O_{15}$, ciprofloxacin, photocatalytic activity, molten salt method.

The compound $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) is a four-layer Aurivillius compound which is reported to have several interesting properties such as ferroelectricity and photocatalysis so that it can be used to degrade antibiotic waste. The aim of this research is to determine the crystal structure, particle size, morphology, band gap energy and photocatalytic activity of the compound. The results of the diffractogram for the compound $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) show agreement with the standard diffractogram, indicating that the target compound was successfully synthesized. The sample diffractogram also showed that no additional peaks were found, indicating the absence of impurities. The SEM results of the compound $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) obtained reflectance spectra of the appropriate particle morphology, namely plate-like. The results of Kubelka-Munk calculations show that the band gap energy value of (a) $SrBi_4Ti_4O_{15}$ is 3.146, (b) $CaBi_4Ti_4O_{15}$ is 3.148, and (c) $BaBi_4Ti_4O_{15}$ is 3.2. The results of the degradation test on ciprofloxacin using a UV lamp for 90 minutes showed that the compounds $CaBi_4Ti_4O_{15}$, $BaBi_4Ti_4O_{15}$, $SrBi_4Ti_4O_{15}$ had the ability to degrade ciprofloxacin with values of 35.06%, 28% and 26.93%.

مستخلص البحث

سافوترا، بما أُردي، 2023. اختبار الإزالة من Ciprofloxacin بعنصر ABi_4 ، Ti_4 ، O_{15} (A=Ca, Sr, Ba) نتيجة من طريقة ذوبان الملح. رسالة البحث العلمي في قسم كيمياء في كلية العلم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول الدكتور أنطون براستيو الماجستير، والمشرف الثاني أحمد غنائم باشا الماجستير.

الكلمات المفتاحية: Ciprofloxacin، O_{15} ، Ti_4 ، ABi_4 ، التحفيز الضوئي، طريقة ذوبان الملح.

إن عنصر ABi_4 ، Ti_4 ، O_{15} (A=Ca, Sr, Ba) هو عنصر أوريفيليوس مع أربع طبقات الذي يوصف ببعض خصائص أو صفاته المثيرة للاهتمام مثل التحفيز الضوئي والكهرومغناطيسي وصلاح استخدامه لإزالة نفايات المضادات الحيوية. فالأهداف من هذا البحث هي لمعرفة هيكل الكريستال وحجم الجسيمات والمورفولوجيا وطاقة فجوة النطاق، والتحفيز الضوئي في عناصرها. أما نتائج هذا البحث هي أن؛ (1) مركب ديفاكوتوجرام من عنصر ABi_4 ، Ti_4 ، O_{15} (A=Ca, Sr, Ba) يدل على وجود التناسب بديفاكوتوجرام المعياري وهو تمام تصنيع المركب المستهدف بنجاح، (2) ضريبة ديفاكوتوجرام تدل على عدم أبلغ الإضافية الدالة على عدم النفايات من حصيلة SEM من عنصر ABi_4 ، Ti_4 ، O_{15} (A=Ca, Sr, Ba) وتحصل على أطيف عاكسة من مورفولوجية الجسيمات المناسبة وهي plate-like. (3) من نتيجة حساب Kubelka-Munk تولد قمة طاقة فجوة النطاق؛ (أ) أن $SrBi_4Ti_4O_{15}$ وهي 3.416. (ب) أن $BaBi_4Ti_4O_{15}$ هي 2،3. (ج) أن نتيجة اختبار الإزالة من Ciprofloxacin باستخدام مصباح أو ضوء UV مدة 90 دقيقة تدل على وجود عنصر $CaBi_4Ti_4O_{15}$ و $BaBi_4Ti_4O_{15}$ و $SrBi_4Ti_4O_{15}$ تملك القدرة على إخفاض Ciprofloxacin بدرجة 35،06% و 28% و 26،93%.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas rumah sakit telah menghasilkan limbah yang menyebabkan pencemaran lingkungan, yang salah satu-nya adalah limbah obat antibiotik Ciprofloxacin. Antibiotik merupakan obat yang dapat menyembuhkan infeksi bakteri sehingga banyak dikonsumsi yang menyebabkan semakin limbah antibiotik yang mencemari lingkungan semakin melimpah (Abdurahman, dkk, 2021). Efek samping racun obat-obatan pada sumber daya seperti cipro sangat berbahaya dan mempunyai konsekuensi serius terhadap kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan. Dari beberapa penelitian telah menggambarkan dampak bahaya dari obat-obatan seperti cipro terhadap perairan seperti menurunkan jumlah ikan di perairan (). Beberapa metode yang telah digunakan untuk penanganan limbah antibiotik di antaranya adalah (a) menggunakan mikroorganisme *Xylaria longipes*, (b) oksidasi fenton, (c) oksidasi dengan bantuan sinar UV dan gas klorin, dan (c) fotokatalis (Rusch, 2018, Giri, 2014, Deng, 2019, dan Ansori, 2016).

Fotokatalis merupakan bahan yang bisa digunakan agar mempercepat reaksi kimia dengan bantuan sinar. Material fotokatalis mempunyai kemampuan menyerap sinar dan menghasilkan pasangan *elektron-hole* yang bisa berperan pada proses reaksi reduksi dan oksidasi (Chan, dkk, 2011). Metode fotokatalis merupakan metode yang ramah lingkungan dan efektif ketika mendegradasi limbah zat cair, terutama limbah zat warna (Yahya dkk, 2018). Mekanisme fotokatalis untuk mendegradasi antibiotik terbagi menjadi tiga langkah utama yaitu (a) penyerapan foton, (b) eksitasi, dan (c) reaksi kimia. Mekanisme reaksi yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut: material fotokatalis menyerap foton dengan energi yang lebih tinggi dari celah pita yang akan mengakibatkan elektron *valance band* bisa tereksitasi ke atas *conduction band*. Kemudian elektron dan *hole* pindah ke permukaan fotokatalis dan menyebabkan bahan terserap dan lubang fotogenerasi menyerang langsung terhadap antibiotik. Hole tersebut berinteraksi dengan H₂O pada permukaan fotokatalis disertai radikal hidroksil OH dan ion superoksida O₂ dan secara efektif antibiotik tereliminasi dalam berbagai jenis dan zat antara keduanya membentuk air dan karbon dioksida dalam waktu yang lama di bawah paparan radiasi UV tinggi yang kemudian terurai jadi CO₂ dan H₂O (Fonou, 2016, Gunawan, dkk, 2014, Li, dkk, 2020, Qin, dkk, 2021, Soutsas, dkk, 2010, Valempini, dkk, 2021).

Manusia memiliki kewajiban untuk merawat alam yang sudah diberikan oleh Allah, karena selaknya manusia tidak boleh merusak segala sesuatu yang sudah diberikan dan apabila terjadi kerusakan kewajibannya adalah memperbaiki, seperti yang sudah dijelaskan pada ayat Al-Qur'an surat al-Hud ayat 61 yang berbunyi :

وَالَّذِي نُنْمُودُ أَحْوَاهُمْ صَالِحًا قَالَ يَقَوْمِ اعْبُدُوا اللَّهَ مَا لَكُمْ مِنْ إِلَهٍ غَيْرُهُ هُوَ أَنْشَأَكُمْ مِنَ الْأَرْضِ وَاسْتَعْمَرَكُمْ فِيهَا فَاسْتَغْوِرُوهُ ثُمَّ تُوْبُوا إِلَيْهِ إِنَّ رَبِّي قَرِيبٌ مُجِيبٌ ٦١

Artinya: “Dan kepada kaum samud (Kami utus) saudara mereka, Saleh. Dia berkata, “Wahai kaumku! Sembahlah Allah, tidak ada tuhan bagimu selain Dia. Dia telah menciptakanmu dari bumi (tanah) dan menjadikanmu permakmurnya, karena itu mohonlah ampun kepada-Nya, kemudian bertobatlah kepada-Nya. Sesungguhnya Tuhanku sangat dekat (Rahmat-Nya) dan memperkenankan (doa hamba-nya).” Dalam tafsir al misbah dijelaskan bahwa allah menciptakan manusia tidak hanya diciptakan saja, tetapi disertai dengan mendidik dan mengembangkannya, disini memilikir arti manusia diharapkan mampu memakmurkan dan membangun bumi (Shihab, 2002).

Salah satu senyawa yang berpotensi sebagai pendegradasi senyawa antibiotik adalah senyawa berstruktur Aurivillius (Borg, dkk, 2002). Material berstruktur Aurivillius merupakan golongan senyawa yang tersusun atas kombinasi lapisan bismuth $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ dan *pseudo* perovskit $(\text{A}_{m-1}\text{B}_{m-1}\text{O}_{3m+1})^{2-}$ secara bergantian di sepanjang sumbu c. A merupakan kation mono di or trivalent semacam Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , sedangkan B merupakan kation dari logam transisi dengan koordinasi octahedral seperti Fe^{3+} , Ti^{4+} (Zhao, 2016 dan Chang, 2017). Senyawa Aurivillius yang dilaporkan berfungsi sebagai pendegradasi antibiotic dan rhodamine B di antaranya adalah senyawa $\text{Bi}_7\text{Fe}_2\text{Ti}_2\text{O}_{17}\text{Cl}$ yang mendegradasi antibiotik *tetracycline* dan *rhodamine B* sebesar 90% untuk antibiotik *tetracycline* dan 98% untuk *rhodamine B* dengan efisiensi degradasi dicapai dengan 90 menit dan 60 menit (Gu, dkk, 2022).

$\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) merupakan senyawa Aurivillius lapis empat yang dilaporkan mempunyai nilai energi celah pita (a) $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ sebesar 3,06 eV, (b) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ sebesar 3,03 eV, dan (c) $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ sebesar 2,74 eV (Ca, Sr, Ba) (Nayak, dkk, 2017). Aktivitas fotokatalis senyawa ini telah dilaporkan beberapa pihak. (Haikal, 2021) melaporkan kemampuan aktivitas fotokatalis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ mampu mendegradasi senyawa Rhodamine B sebesar (a) 22,76% pada waktu 30 menit, (b) 29,75% pada waktu 60 menit, (c) 36,57% pada waktu 90 menit dan (d) 41,10% pada waktu 120 menit. Hasil yang didapat ini menandakan bahwa senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memiliki aktivitas fotokatalis untuk mendegradasi yang baik. Aktivitas fotokatalis senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) dalam mendegradasi senyawa antibiotik belum pernah dilaporkan sehingga menjadi penting untuk dilakukan kajian dengan topik tersebut.

Morfologi partikel senyawa Aurivillius dilaporkan berpengaruh kepada aktivitas fotokatalis. Chen, dkk. (2016) melaporkan bahwa senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ *nanosheet* mempunyai kemampuan degradasi yang baik dengan nilai 79,2% dalam mendegradasi Rhodamin B dan mempunyai bentuk partikel *rectangular shapes*. Kemudian Zhao, dkk. (2014) melaporkan bahwa senyawa Bi_2WO_6 memiliki kemampuan degradasi *Rhodamine B* yang baik dengan nilai 70% sebelum penambahan H_2O_2 , setelah ditambahkan H_2O_2 mendapatkan hasil hampir 100% dan mempunyai bentuk partikel *flower-like superstructure*.

Metode sintesis yang digunakan adalah metode lelehan garam, lelehan garam sendiri merupakan metode yang sederhana dimana mempunyai kelebihan memerlukan suhu reaksi yang rendah, dan mampu mengontrol ukuran atau bentuk partikel. Metode ini merupakan metode yang melibatkan penggunaan lelehan garam untuk media pembentukan senyawa oksida dari penyusunya. Metode lelehan garam ini termasuk mudah, ramah lingkungan, dan banyak digunakan untuk mensintesis (Kimura, 2011, Rahman, 2003). Sintesis senyawa Aurivillius dengan metode lelehan garam telah dilaporkan beberapa pihak. Li, dkk, (2011) telah mensintesis senyawa Aurivillius dengan metode lelehan garam bahwa $\text{Bi}_3\text{NbTiO}_9$ yang disintesis dengan suhu 800°C yang menggunakan garam K_2SO_4 dan K_2CO_3 yang menghasilkan bentuk partikel *plate-like*. Selain itu Puspa, dkk (2022) melaporkan telah berhasil mensintesis senyawa Aurivillius menggunakan metode lelehan garam dimana $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-n}\text{V}_n\text{O}_{15}$ ($n= 0, 0.005, 0.1, \text{ dan } 0.15$) dengan garam yang digunakan adalah KCl dan menghasilkan bentuk morfologi *plate-like* dengan band gap yang dihasilkan dari 3,04 eV (408 nm) sampai 2,84 eV (436 nm).

Berdasarkan uraian diatas, dalam penelitian kali ini dilakukan sintesis, karakterisasi, dan uji fotokatalis dengan degradasi ciprofloxacin $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A= \text{Ca, Sr, Ba}$). Karakterisasi fasa dilakukan dengan XRD, instrument SEM digunakan untuk karakterisasi ukuran partikel dan morfologi, penentuan energi celah pita digunakan UV-Vis, dan DRS. Aktivitas fotokatalis senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A= \text{Ca, Sr, Ba}$) yang diuji dengan degradasi ciprofloxacin.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah

- a. Bagaimana ukuran kristal, morfologi dan energi celah pita senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A= \text{Ca, Sr, Ba}$) hasil sintesis?
- b. Bagaimana aktivitas fotokatalitik senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A= \text{Ca, Sr, Ba}$) terhadap uji degradasi ciprofloxacin ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah

- a. Untuk mengetahui struktur kristal, morfologi, dan energi celah pita senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A=\text{Ca, Sr, Ba}$) hasil sintesis.
- b. Untuk aktivitas fotokatalitik senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A= \text{Ca, Sr, Ba}$) terhadap uji degradasi ciprofloxacin yang disintesis menggunakan metode lelehan garam.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A= \text{Ca, Sr, Ba}$).

- b. Metode sintesis sampel menggunakan metode lelehan garam KCl/NaCl dengan rasio molar produk $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A = Ca, Sr, Ba$) dan garam KCl/NaCl adalah 1:7.
- c. Sintesis dengan suhu 750 dan 820 °C.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai bahaya limbah ciprofloxacin dan memberi solusi bagi penanganan limbah ciprofloxacin dengan metode fotokatalis.

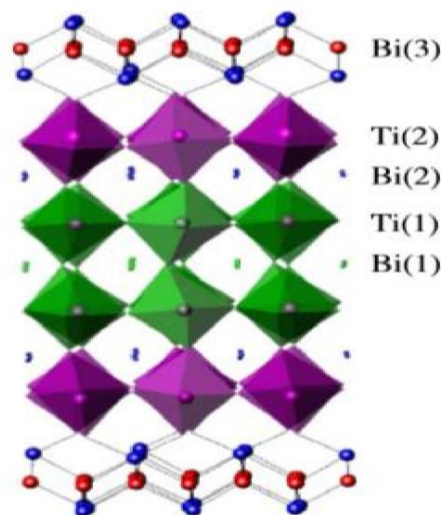
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Senyawa Aurivillius $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)

Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) banyak diteliti karena beberapa sifatnya seperti feroelektrik, piezoelektrik, dielektrik, dan fotokatalis. Senyawa Aurivillius terdiri dari lapisan pseudo perovskite ($An^{-1}BnO_3^{n+1}$)²⁻ dan lapisan bismuth ($Bi_2 Bi_4O_2$)²⁺ yang tersusun secara bergantian. Kation A adalah kation berukuran besar (1,34-1,61 Å) dan bermuatan kecil (monovalensi, divalensi, atau trivalensi) dengan koordinasi dodekahedral seperti Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Ba²⁺, Pb²⁺, Bi³⁺, Sr²⁺, logam tanah jarang, atau pencampurannya. Kation B adalah kation berukuran kecil (0,59-0,65 Å) dan bermuatan besar dengan koordinasi oktahedral seperti Mo⁶⁺, Ti⁴⁺, Ta⁵⁺, Nb⁵⁺, W⁶⁺, dan lain-lain.

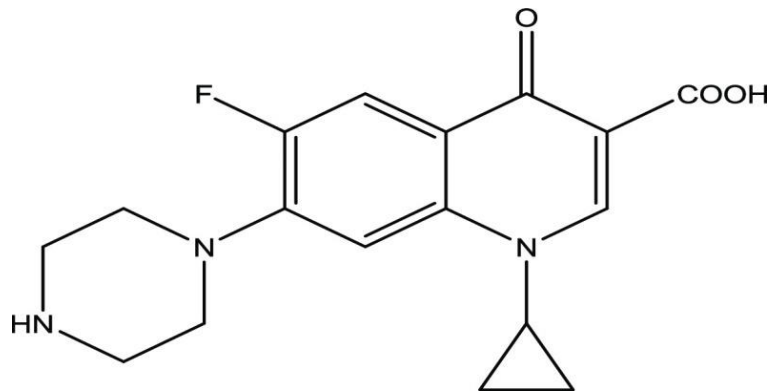
Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) adalah senyawa Aurivillius lapis empat yang dilaporkan mempunyai beberapa sifat menarik seperti feroelektrik dan fotokatalis. Senyawa ini memiliki struktur orthorombik dengan *space group* A_{21am} dengan struktur kristal yang ditampilkan pada Gambar 2.1 dan mempunyai energi celah pita : (a) Ca sebesar 3,06, (b) Sr sebesar 3,03, dan (c) Ba sebesar 2,74 eV (Nayak, dkk, 2017). Hasil pengukuran dengan SEM menunjukkan bahwa senyawa ini mempunyai morfologi berbentuk *plate-like* (Zulhadjri, dkk, 2020).



Gambar 2. 1 Struktur senyawa aurivillius lapis empat $ABi_4Ti_4O_{15}$

2.2 Ciprofloxacin

Ciprofloxacin sendiri merupakan antibiotik yang cukup umum digunakan oleh banyak orang. Ciprofloxacin adalah antibiotik yang termasuk dalam kelas fluoroquinolone. Obat ini digunakan untuk mengobati berbagai infeksi bakteri, termasuk infeksi saluran kemih, infeksi saluran pernapasan, infeksi kulit, infeksi tulang, dan infeksi lainnya. Nama kimia dan struktur ciprofloxacin ada pada Gambar 2.2 dari ciprofloxacin adalah 1-cyclopropyl-6-fluoro-4-oxo-7-piperazin-1-ylquinoline-3-carboxylic acid.



Gambar 2. 2 Struktur ciprofloxacin (Fares, 2020)

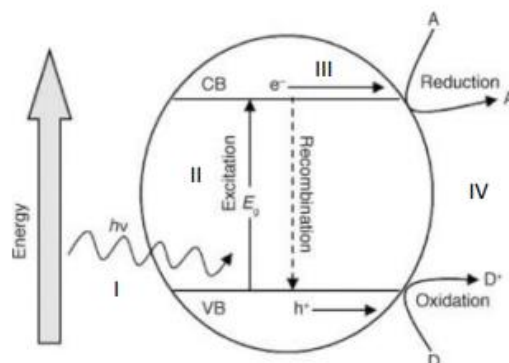
Efek samping racun obat-obatan pada sumber daya seperti ciprofloxacin sangat berbahaya dan mempunyai konsekuensi serius terhadap kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan. Dari beberapa penelitian telah menggambarkan dampak bahaya dari obat-obatan seperti ciprofloxacin terhadap perairan seperti menurunkan jumlah ikan di perairan (Fares, 2020). Salah satu cara fotokatalisis digunakan adalah dengan menggunakan bahan fotokatalis seperti titanium dioksida (TiO_2) yang diaktivasi oleh cahaya UV. Ketika cahaya UV mengenai permukaan TiO_2 , elektron-elektron dalam bahan tersebut menjadi eksitasi dan dapat berinteraksi dengan molekul-molekul yang ada di sekitarnya, termasuk ciprofloxacin. Interaksi ini dapat menyebabkan pemecahan atau degradasi ciprofloxacin menjadi produk-produk yang lebih sederhana dan lebih aman (Fares, 2020).

2.3 Fotokatalis

Fotokatalis adalah reaksi yang dipercepat dengan adanya suatu katalis yang diaktifkan melalui induksi foton, dan umumnya material katalis ini berupa semikonduktor. Reaksi fotokatalis dapat dibagi menjadi dua yaitu : (1) fotokatalis homogen, dimana proses fotokatalitik ini dalam prosesnya dibantu dengan zat pengoksidasi seperti ozon dan hydrogen peroksida; (2) fotokatalis heterogen, dalam prosesnya dibantu dengan semikonduktor yang diradiasi dengan sinar UV (Manendar, 2010). Teknologi fotokatalis dapat diterapkan dalam berbagai aspek seperti pengolahan limbah industri zat warna, produksi hidrogen dari *water splitting*,

fotoreduksi CO₂, proses desinfeksi air minum, dan sensor gas (Gamage McEvoy dan Zhang, 2014; Suman, dkk., 2015; Tu, dkk., 2019).

Mekanisme fotokatalis terjadi saat aktivasi katalis berupa aktivasi oleh foton, cahaya yang mengenai bahan semikonduktor mempunyai energi yang lebih besar daripada energi celah pita semikonduktor, yang terjadi akhirnya mentransfer elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan menghasilkan *hole* (h⁺) pada pita valensi. Kemudian nantinya *electron hole* dan pita valensi akan berpindah ke permukaan fotokatalis dan membuat bahan terserap dan lubang fotogenerasi menyerang ke antibiotik (Salim, 2010, Li, dkk, 2020, dan Qin, dkk, 2021). Ilustrasi mekanisme fotokatalis ditampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Mekanisme fotokatalis

Pernyataan pada Al-Qur'an mengenai pemanfaatan alam untuk perkembangan teknologi yang nantinya akan bermanfaat untuk semua umat manusia ada pada Surat as-Syu'ara ayat 7 yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”. (QS. As Syu'ara: 7)

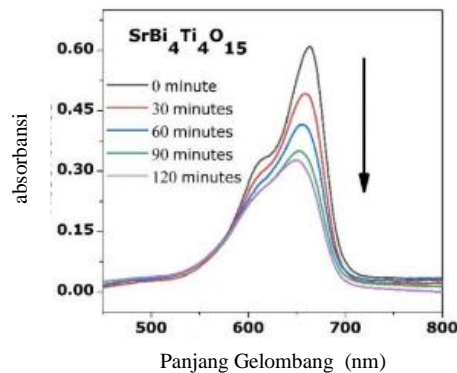
Makna dari ayat tersebut adalah Islam tidak melarang untuk memikirkan masalah teknologi modern atau ilmu pengetahuan yang sifatnya menuju modernisasi pemikiran manusia genius, profesional, dan konstruktif serta aspiratif terhadap permasalahan yang timbul dalam kehidupan sehari-hari.

2.4 Senyawa Aurivilius ABi₄Ti₄O₁₅ (A= Ca, Sr, Ba) Sebagai Fotokatalis

Aktivitas senyawa ini telah dilaporkan beberapa pihak. Tu, dkk. (2019) melaporkan SrBi₄Ti₄O₁₅ (SBTO) memiliki kemampuan fotokatalitik yang lebih baik dalam mereduksi CO₂

menghasilkan CH_4 dan CO jika dibandingkan $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (BTO), TiO_2 (P25), dan BiOBr . Dilaporkan juga bahwa kinerja fotokatalis juga dipengaruhi oleh ukuran dan distribusi partikel. Semakin kecil dan seragam ukuran partikelnya maka kinerja fotokatalitik akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan luas permukaan yang semakin besar. (Suslick, dkk., 1987).

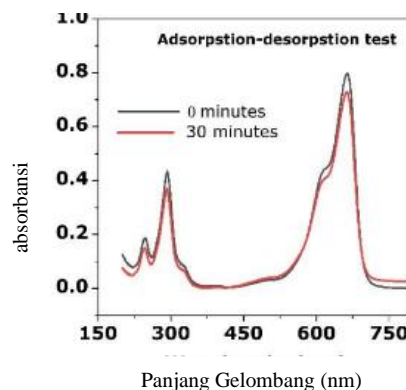
Lathif dkk., (2022) melaporkan bahwa senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ yang telah disintesis dengan metode lelehan garam untuk mendegradasi metilen biru telah berhasil dilakukan. Hasil yang didapat keberhasilan mendegradasi metilen biru dalam waktu 120 menit mencapai 47,8%, pada Gambar 2.4 dijelaskan pada hasil UV-Vis dari uji adsorpsi-desorpsi menunjukkan jika absorbansi sedikit menurun dan dari sini menunjukkan korelasi bahwa senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ mampu menyerap metilen biru. Pada Gambar 2.4 dan 2.5 menunjukkan bahwa peran fotokatalis sangat penting untuk mengurangi konsentrasi metilen biru.



Gambar 2. 4 Spektra desorpsi dan adsorpsi

2.5 Degradasi Bahan Antibiotik oleh Material Fotokatalis

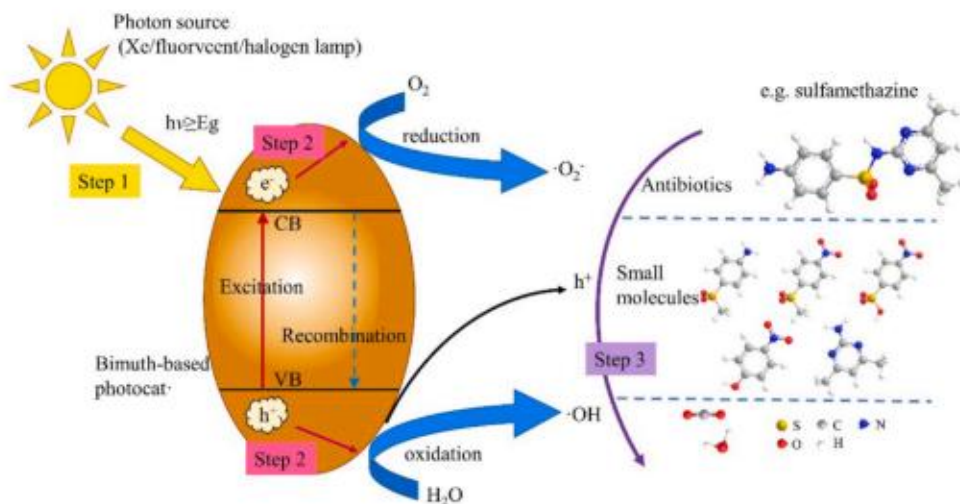
Antibiotik merupakan salahsatu produk farmasi yang banyak digunakan oleh masyarakat, karena penguasaan yang meningkat membuat hal ini berpengaruh juga ke ekosistem air. Sifat antibiotik yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, virus dan berbagai macam mikroalga, karena sifat ini lah yang mencemaskan keberadaan antibiotik pada lingkungan (Bilal, 2020, Rodriguez, 2020, Zainab, 2020).



Gambar 2. 5 Spektra absorpsi metilen biru oleh $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

Salah satu metode yang digunakan untuk mengolah limbah (degradasi) senyawa antibiotik ini yaitu dengan metode fotokatalis. Beberapa peneliti telah melaporkan beberapa senyawa fotokatalis sebagai bahan degradasi senyawa antibiotik di antaranya adalah senyawa berbasis *bismuth*. Senyawa *bismuth* yang juga mempunyai kelebihan meningkatkan kinerja respon cahaya yang tampak yang dimana bisa meningkatkan tingkat mineralisasi antibiotik residu dalam limbah, memiliki efisiensi pemisahan muatan yang tinggi, dan posisi tepi pita yang yang sesuai, karena kemampuan ini dibutuhkan untuk melakukan fotokatalis (Zhao, dkk, 2014).

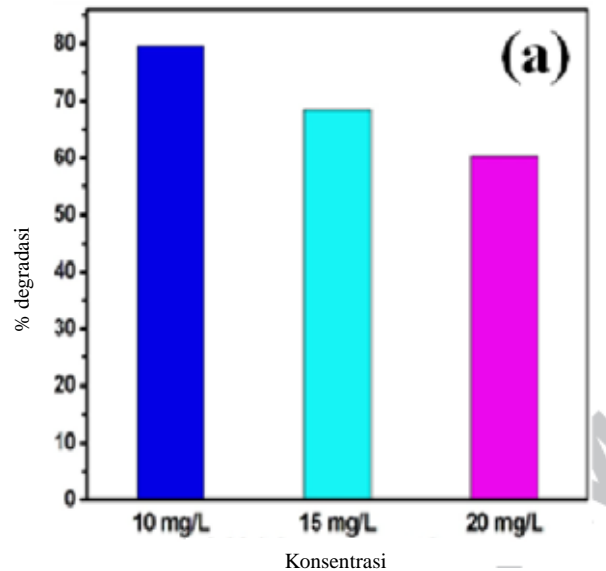
Mekanisme fotokatalis yang dapat mendegradasi antibiotik yaitu dimana fotokatalis menyerap foton dengan energi yang lebih tinggi dari celah pita kemudian fotoinduksi dan lubang dipisahkan dengan efisien dan berpindah ke permukaan fotokatalis yang dimana lubang fotogenerasi menyerang antibiotik dengan langsung yang menyebabkan degradasi dari racun antibiotik yang disertai dengan pembentukan OH radikal. Singkatnya OH dan antibiotik akan teradsorpsi secara bersamaan pada permukaan katalis, kemudian OH yang teradsorpsi dengan antibiotik dalam larutan yang secara khusus jalur pertama merupakan jalur yang dominan untuk degradasi fotokatalis antibiotik dengan berbasis *bismuth* (Guo, dkk, 2017, Chen, dkk, 2020). Setelah itu ion hydrogen bergabung lagi dengan electron dan menghasilkan energi panas yang dimana akan menurunkan efisiensi fotodegradasi dan antibiotik akan dikonversi ke senyawa molekul yang kecil melalui oksidasi oksigen yang akhirnya H^+ , O_2 atau OH akan terdekomposisi menjadi CO_2 dan H_2O (Zhao, dkk, 2021). Dimana gambar mekanisme degradasi ada pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Mekanisme fotokatalis degradasi antibiotik (Nayak, 2018)

Beberapa senyawa Aurivillius dilaporkan memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa, (Kaur, dkk, 2015) melaporkan telah berhasil mendegradasi *antibiotic* dengan senyawa Aurivillius Bi_2WO_6 menggunakan bantuan ultrasonik dan metode hidrotermal yang

mendegradasi *antibiotic levofloxacin* dengan bentuk kisi ortorombik tanpa fase pengotor dan menunjukkan aktif pada fotokatalis dengan persen degradasi 80% dibawah cahaya tampak, yang dapat dilihat pada Gambar 2.7. Hailili, dkk (2017) juga melaporkan bahwa senyawa Aurivillius $\text{Bi}_5\text{FeTi}_3\text{O}_{15}$ yang mendegradasi *antibiotics tetrasiklin* memperoleh persen degradasi yang cukup tinggi yaitu 99,34%.

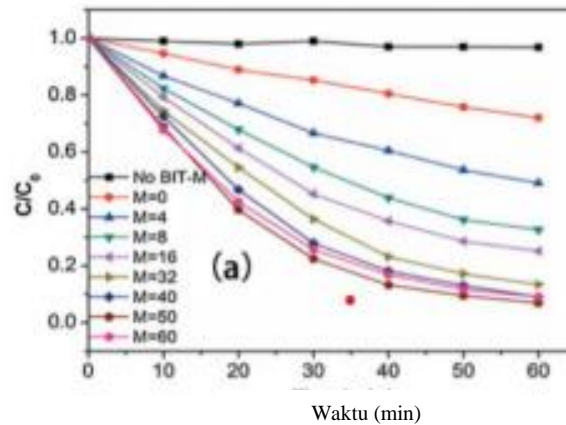


Gambar 2. 7 Nilai persen degradasi levofloxacin

2.6 Pengaruh Morfologi Pada Aktivitas Fotokatalis

Sifat fotokatalitik material semikonduktor sangat bergantung pada morfologi dan ukurannya. Luas permukaan yang besar, ketebalan rendah, dan struktur berongga mampu meningkatkan penyerapan cahaya dan aksesibilitas suatu fotokatalis. Sifat-sifat tersebut memungkinkan percepatan migrasi komponen pembawa dan mengurangi dosis penggunaan fotokatalis (He, dkk., 2018). Ketika semikonduktor berbasis bismuth direduksi ketebalannya sampai di bawah 10 nm maka akan terjadi peningkatan luas permukaan, absorpsi cahaya, migrasi zat pembawa sehingga aktivitas fotokatalitik menjadi lebih baik.

He, dkk., (2014) telah mensintesis senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (BTO) menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl dengan variasi konsentrasi dan metode padatan untuk perbandingan. Hasil yang didapatkan morfologi senyawa BTO-0 (metode padatan) yaitu *irregular shape*, sedangkan senyawa BTO-M (M= 4, 8, 16, 32, 40, 50, 60) yang disintesis dengan metode lelehan garam yang memiliki morfologi *plat like* dengan keteraturan yang meningkat dengan konsentrasi garam yang meningkat juga. Hasil yang didapat senyawa BTO yang disintesis memiliki aktivitas fotokatalitik degradasi RhB yang bagus seperti pada Gambar 2.8.



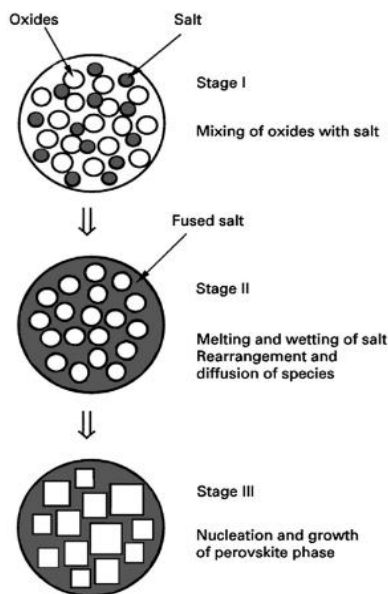
Gambar 2. 8 Aktivitas fotokatalitik degradasi RhB senyawa BTO (He, dkk., 2014)

Produk hasil sintesis memiliki bentuk *plate-like* yang disintesis dengan metode lelehan garam dengan energi celah pita 2,88-2,94 eV hal ini karena dipengaruhi oleh penambahan jumlah rasio molar garam, He, dkk (2014) juga menemukan jika perlakuan ini dapat mempengaruhi morfologi pada $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ yang dihasilkan.

2.7 Sintesis Senyawa Aurivillius Dengan Metode Lelehan Garam

Metode sintesis yang digunakan adalah metode lelehan garam, metode ini merupakan metode sederhana berguna untuk mensintesis partikel morfologi yang khas seperti kumis, mikrosfer, dan *plate-like*. Metode lelehan garam ini memakai garam sebagai media reaksi perkursor. Metode ini dikenal dengan kelebihan membutuhkan suhu yang sintesis yang rendah. Beberapa faktor yang bisa mempengaruhi metode lelehan garam yaitu: (a) suhu sintesis, (b) jenis garam fluks, dan (c) rasio oksida terhadap garam . Beberapa peneliti memakai campuran garam NaCl-KCl dan $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$ untuk melakukan sintesis.

Tahapan *Molten Salt Synthesis* (MSS) untuk mensintesis bubuk oksida perovskit yang ditunjukkan pada Gambar 2.9, pada tahap awal oksida reaktan dicampur dengan garam seperti NaCl , KCl , ataupun garam campuran eutektik seperti NaCl-KCl , NaOH-KOH , atau $\text{Na}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$. Selanjutnya pada campuran dipanaskan dengan temperatur di atas titik leleh media garam agar terbentuk fluks cair, pada suhu ini molekul perkursor menyebar, berdisosiasi, mengatur ulang, dan berdifusi dengan cepat ke seluruh garam. Tahap selanjutnya partikel produk mulai tumbuh melalui proses pengendapan larutan. Pemilihan suhu dan durasi pemanasan akan mengontrol karakteristik bubuk pada produk. Selanjutnya massa yang bereaksi didiamkan hingga suhu ruang dan dicuci dengan pelarut seperti air agar garam hilang. Serbuk oksida perovskit kompleks dapat diperoleh sesudah pengeringan. MSS disini memiliki beberapa karakteristik unik dibandingkan dengan metode lain (Kamalasan, dkk, 1992).



Gambar 2. 9 Ilustrasi Proses MSS (Gupta dan Mao, 2021)

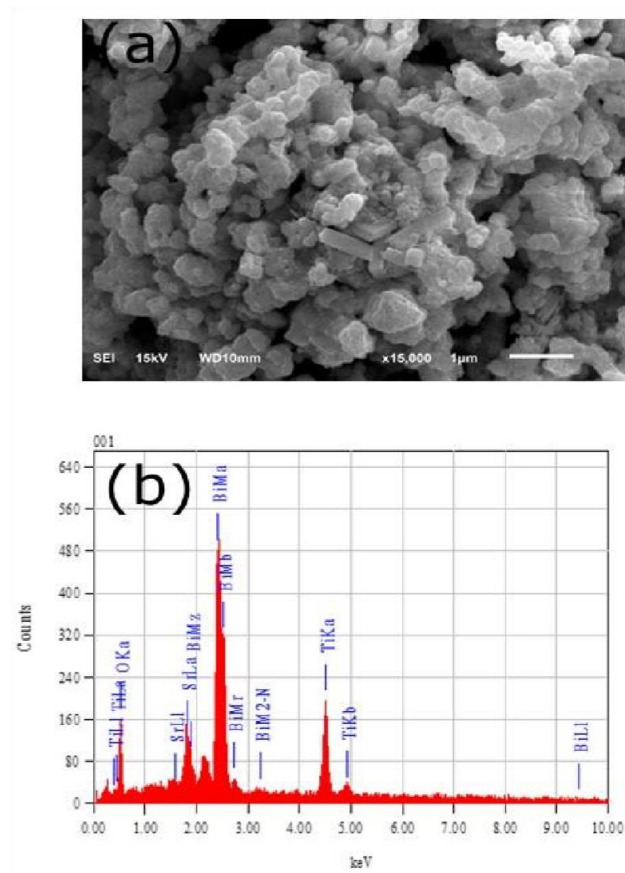
Keunikan karakteristik dari MSS ini ditentukan melalui pemilihan jenis garam untuk mensintesis senyawa aurivillius, karena pemilihan garam akan berpengaruh terhadap morfologi hasil dari sintesis atau kemurnian. Karena senyawa Aurivillius ini telah berhasil menggunakan metode lelehan garam, yang dimana mampu menggunakan garam campuran eutektik seperti NaCl-KCl, NaOH-KOH, atau Na₂SO₄- K₂SO₄ dan juga mampu menggunakan garam tunggal seperti NaCl, atau KCl (Chang, 2014).

2.8 Sintesis Senyawa ABi₄Ti₄O₁₅ (A= Ca, Sr, Ba) Dengan Metode Lelehan Garam

Senyawa Aurivillius telah berhasil disintesis menggunakan metode lelehan garam, yang dimana mampu menggunakan garam campuran eutektik seperti NaCl-KCl, NaOH-KOH, atau Na₂SO₄- K₂SO₄ dan juga mampu menggunakan garam tunggal seperti NaCl, atau KCl. Chang, dkk, (2014) melaporkan telah berhasil melakukan sintesis dengan metode lelehan garam, dimana Chang mensintesis senyawa SrBi₄Ti₄O₁₅ orientasi (001) dan menggunakan jenis garam KCl dan K₂SO₄, tetapi pada sintesis menggunakan garam NaCl dan Na₂SO₄ ditemukan pengotor pada senyawa SrBi₄Ti₄O₁₅. Penggunaan garam NaCl dan Na₂SO₄ menunjukkan bahwa produk lebih amorf dibandingkan dengan KCl dan K₂SO₄ meskipun mempunyai kualitas kristalinitas yang lebih tinggi, dengan perbedaan garam yang ada mampu menunjukkan pengaruh pada produk hasil sintesis.

Lathif (2022) telah berhasil mensintesis SrBi₄Ti₄O₁₅ menggunakan metode lelehan garam yang menggunakan garam NaCl dan KCl. Mendapatkan ukuran partikel 250- 500 nm, dan memiliki bentuk morfologi lempengan dan partikel- partikel yang menggumpal. Ukuran partikel juga relatif kecil dan seragam, hal ini menandakan bahwa tingkat nukleasi lebih tinggi dari pada pertumbuhan partikel, karena benih kristal terbentuk pada tahap nukleasi yang

menjadikan laju nukleasi lebih tinggi menghasilkan jumlah yang banyak partikel berukuran kecil, hal itu ditunjukkan pada Gambar 2.10 (Wang dan Chen, 2012).



Gambar 2. 10 (a) Gambar mikrograf (b) Gambar spektrum EDS (Lathif, 2022)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium pada September tahun 2023 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 antara lain seperangkat alat gelas, neraca analitik, *mortar agate*, neraca analitik, tanur, *hotplate*, seperangkat alat UV-Vis, instrumen UV-Vis DRS, *X-ray Diffraction* (XRD), dan Instrumwn SEM-EDS, dan reaktor fotokatalis.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan antara lain, BaCO_3 (Aldrich, 99% serbuk), SrCO_3 (Aldrich, 99% serbuk), CaCO_3 (Aldrich, 99% serbuk), TiO_2 (Aldrich, 99% serbuk), Bi_2O_3 (Aldrich, 99% serbuk), NaCl (Aldrich, 99,5% serbuk), KCl (Aldrich, 99,5% serbuk), AgNO_3 (Aldrich, larutan 2,5%), aseton, ciprofloxacin, dan aquades

3.3 Rancangan Penelitian

Adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut,

- a. Tahapan sintesis $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) dengan metode lelehan garam
Senyawa disintesis dengan metode lelehan garam dengan campuran garam NaCl dan KCl dengan variasi suhu 750 dan 820°C dengan pendinginan hingga suhu ruang, dan penghilangan garam dengan air panas .
- b. Tahap karakterisasi $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)
Tahapan karakterisasi disini dilakukan dengan XRD, SEM-EDS, dan UV-Vis DRS. Dilakukan karakterisasi (a) XRD digunakan untuk mengetahui kisi kristal, data kristalografi, dan kristalinitas senyawa sintesis. Kemudian dilakukan karakterisasi, (b) SEM-EDS digunakan untuk mengetahui morfologi dari senyawa hasil sintesis. Terakhir dilakukan karakterisasi dengan, (c) UV-Vis DRS untuk mengetahui daerah serapan sinar dan energi celah pita yang merupakan jarak antara *valence band* dan *conduction band* dari senyawa hasil sintesis

c. Tahapan uji aktivitas fotokatalis

Tahapan uji fotokatalis dilakukan dengan pengujian (a) kestabilan larutan ciprofloxacin, (b) dilakukan pengujian adsorpsi-desorpsi produk sintesis, (c) terakhir dilakukan pengujian aktivitas fotokatalis produk yang sudah disintesis terhadap degradasi ciprofloxacin dengan metode fotokatalis.

3.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahap penelitian ini yaitu sebagai berikut,

- Tahapan sintesis senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A= Ca, Sr, Ba$) dengan metode lelehan garam.
- Tahapan karakterisasi senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A= Ca, Sr, Ba$) menggunakan (a) XRD, (b) SEM, (c) UV-Vis DRS.
- Tahapan uji aktivitas fotokatalitik.

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Sintesis $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A= Ca, Sr, Ba$) dengan Metode Lelehan Garam

Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A= Ca, Sr, Ba$) disintesis 4 gram dengan perkursor TiO_2 , $BaCO_3$, $SrCO_3$, $CaCO_3$, Bi_2O_3 dan komposisi berat perkursor yang seperti pada Tabel 3.1, setelah itu perkursor dihomogenkan dengan digerus dalam mortar agate selama 1 jam lalu ditambah aseton untuk menghomogenkan sampel, setelah itu sampel yang sudah dihaluskan di campurkan dengan garam NaCl/KCl dengan rasio garam 1:1 dan rasio sampel dan garam 1:7. Kemudian digerus kembali dan dihomogenkan dengan *moertar agate* selama 1 jam. Kemudian produk di kalsinasi dengan suhu 750 dan 820°C selama 6 jam. Kemudian produk di keluarkan dari tanur setelah itu dinginkan dan dicuci berulang kali dengan akuades panas agar garam hilang. Adanya garam bisa diketahui dengan meneteskan larutan $AgNO_3$ ke filtrate, setelah garam hilang produk dikeringkan dengan oven dengan suhu 110°C dengan waktu 24 jam.

Tabel 3. 1 Massa tiap reaktan hasil perhitungan

Target Senyawa	Massa target (g)	Massa pereaksi (gram)						
		$BaCO_3$ (g)	$SrCO_3$ (g)	$CaCO_3$ (g)	TiO_2 (g)	Bi_2O_3 (g)	NaCl (g)	KCl(g)
$CaBi_4Ti_4O_{15}$	4	-	-	0,3103	0,2476	1,4445	1,2659	1,6178
$Sr Bi_4Ti_4O_{15}$	4	-	0,4281	-	0,2316	1,3513	1,1843	1,5135
$BaBi_4Ti_4O_{15}$	4	0,5525	-	-	0,2236	1,3047	1,1435	1,4613

3.5.2 Karakterisasi Sampel $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)

3.5.2.1 Karakterisasi Sampel $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan XRD

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan kemurniannya. Sampel sebanyak 0,5 g ditempatkan pada *sample holder*. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar menggunakan XRD dengan radiasi Cu K $K\alpha$ 40 kV dan 15 mA pada rentang $2\theta = 10-80$.

3.5.2.2 Karakterisasi $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan SEM-EDS

Karakterisasi dengan SEM bertujuan untuk menganalisa morfologi partikel dari produk. 50 mg sampel ditempatkan pada *sample holder* lalu di tempatkan pada instrumen untuk dilakukan analisa dengan perbesaran 2000-20.000 kali.

3.5.2.3 Karakterisasi Sampel $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan UV-Vis DRS

Karakterisasi dengan UV-Vis DRS bertujuan agar mengetahui nilai energi celah pita sampel, sampel telah digerus kemudian ditempatkan pada *sample holder* dan diukur pada panjang gelombang 200-800 nm.

3.5.3 Analisis Data

3.5.3.1 Analisis Data XRD

Analisis data Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) yang didapatkan dari pola difraksi sinar-X akan dibandingkan dengan *database Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS). Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan fasa kristal hasil sintesis.

3.5.3.2 Analisis Data SEM-EDS

Morfologi, ukuran partikel, dan komposisi unsur senyawa pada sampel $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) merupakan data yang akan didapatkan saat analisis SEM-EDS. *Software image-J* nantinya akan mengolah hasil gambar karakterisasi.

3.5.3.3 Analisis Data UV-Vis DRS

Reflektansi merupakan data yang akan didapat dan akan dianalisa dengan persamaan Kubelka-Munk seperti pada persamaan 3.1

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

$F(R)$ merupakan faktor Kubelka-Munk, K merupakan koefisien absorpsi, S merupakan koefisien *scattering*, lalu R merupakan nilai reflektansi yang diukur. Untuk menentukan energi celah pita digunakan plot antara energi foton ($h\nu$) sebagai sumbu x dan $(F(R).h\nu)^{1/2}$ sebagai

sumbu y . Energi celah pita dapat dihitung secara regresi linier pada nilai x ($h\nu =$ energi celah pita) saat $y=0$.

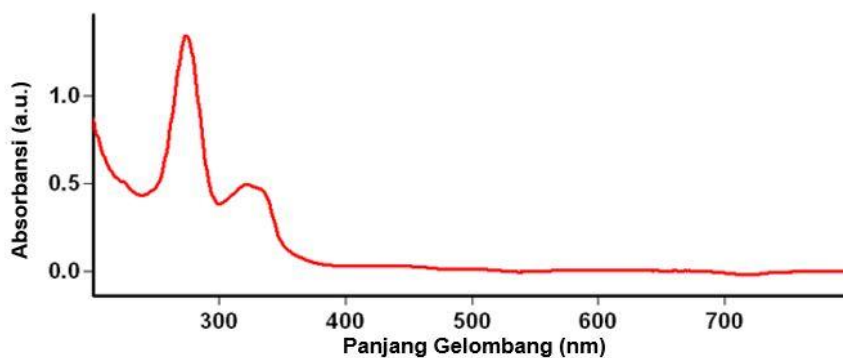
3.5.4 Uji Aktivitas Fotokatalitik

3.5.4.1 Pembuatan Larutan Induk Ciprofloxacin

2,5 ml atau 4,5 mg Ciprofloxacin dilarutkan dengan menambah aquades dalam labu ukur 100 ml sampai tanda batas kemudian dihomogenkan dan mendapatkan 500 ppm larutan induk.

3.5.4.2 Pembuatan Kurva Standar

Sebanyak 10 ml larutan ciprofloxacin atau 20 mg ciprofloxacin digunakan dengan variasi 2-8 ppm dengan rentang 1 ppm (pengenceran larutan induk 50 ppm ciprofloxacin)



Gambar 3. 1 Spektra UV-Vis ciprofloxacin

(Nayak, 2018). Kemudian larutan diukur serapannya dengan UV-Vis, kemudian larutan *ciprofloxacin* yang sudah di uji awal menggunakan UV-Vis akan muncul hasil seperti pada Gambar 3.1, dimana hasil pengukuran kurva standar akan didapat dan bersamaan dengan didapatnya persamaan Lambert-Beer antara absorbansi (A) dan konsentrasi (c).

3.5.4.3 Pengujian Kestabilan Larutan Ciprofloxacin

Pengujian kestabilan dilakukan perlakuan tanpa sampel kemudian dilakukan dengan/tanpa sinar UV untuk larutan ciprofloxacin 8ppm yang banyaknya 100 ml, setelah itu dimasukkan kedalam reaktor fotokatalis 90 menit lamanya kemudian dilakukan pengukuran absorbansi dengan UV-Vis.

3.5.4.4 Pengujian Kemampuan Adsorpsi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A=Ca, Sr, Ba$)

$ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A= Ca, Sr, Ba$) merupakan sampel katalis yang akan di uji, dimana sebanyak 100 ml larutan induk ciprofloxacin 8 ppm yang dimasukkan ke *beaker glass* 100 ml. Setelah itu dimasukkan kedalam reaktor fotokatalis lalu diaduk selama 30 menit penyimpanan tanpa cahaya agar memastikan terjadinya kesetimbangan adsorpsi-desorpsi, kemudian disaring menggunakan kertas saring agar terpisah endapan katalis dan supernatan. Kemudian dipindahkan supernatan ke kuvet berguna untuk diukur absorbansinya dengan UV-Vis. Untuk seterusnya dilakukan perlakuan yang sama pada katalis $BaBi_4Ti_4O_{15}$ dan $SrBi_4Ti_4O_{15}$.

3.5.4.5 Pengujian Aktivitas Fotokatalitik

$ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) merupakan sampel katalis yang akan di uji, dimana sebanyak 100 ml induk ciprofloxacin 8 ppm dimasukkan ke *beaker glass* 100 ml. Setelah itu ditambahkan 0,1 gram $CaBi_4Ti_4O_{15}$, setelah itu campuran dimasukkan ke reaktor fotokatalis selama 30 menit penyimpanan tanpa cahaya agar memastikan terjadinya kesetimbangan adsorpsi-desorpsi, setelah itu dilakukan penyinaran dengan lampu LED 35W dengan panjang gelombang 253 nm selama 60 menit dan dilakukan sebanyak 3 kali, kemudian setelah dilakukan penyinaran larutan disaring dengan kertas saring agar terpisah larutan ciprofloxacin dan endapan senyawa katalis. Setelah itu larutan ciprofloxacin dimasukkan ke kuvet untuk diukur serapan menggunakan UV-Vis. Nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum nantinya akan digunakan untuk mengetahui persen degradasi ciprofloxacin dan kemudian dilakukan pengukuran pH. Untuk mengetahui aktivitas fotodegradasi dari ciprofloxacin dilakukan perbandingan absorbansi awal dan absorbansi sesudah limbah didegradasi. Untuk hasil data pengukuran degradasi akan didapat hubungan antara komposisi katalis dengan % degradasi ciprofloxacin yang didapat dari perhitungan persamaan 3.2. Untuk senyawa $BaBi_4Ti_4O_{15}$ dan $SrBi_4Ti_4O_{15}$ akan dilakukan dengan perlakuan yang sama.

$$\text{Degradasi (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana C_0 merupakan konsentrasi awal dan C_t adalah konsentrasi pada waktu t .

3.6 Analisa Data

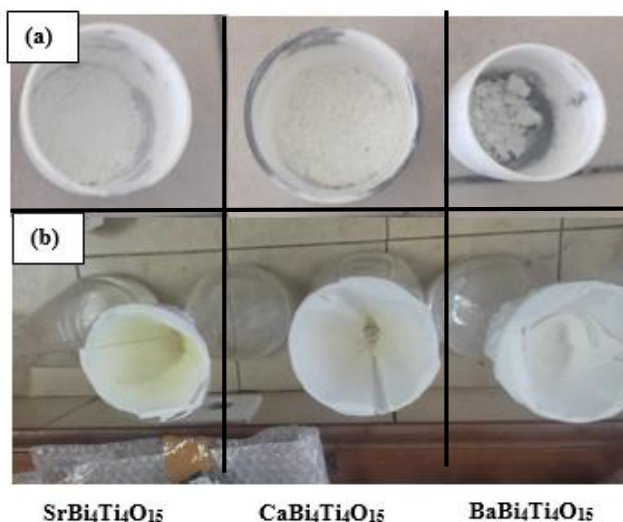
Analisa data senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) untuk menyesuaikan fasa kristal hasil sintesis menggunakan XRD yang nantinya data nya nanti akan dibandingkan dengan *database Joint Committee on Powder Diffraction Standart* (JCPDS). Analisa sampel untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, dan komposisi unsur senyawa menggunakan instrumen SEM-EDS, yang nantinya akan diolah dengan *Software image-J* untuk hasil gambar karakterisasi. Analisa sampel untuk mengetahui energi celah pita menggunakan instrumen UV-Vis DRS, dimana setelah di analisa dengan instrumen tersebut dilakukan analisa dengan persamaan Kubelka-Munk.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan sintesis senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A= Ca, Sr, Ba$) menggunakan metode lelehan garam campuran $NaCl/KCl$ dengan rasio mol senyawa produk/garam sebesar 1:7 dan menggunakan suhu 750 dan 820°C selama 6 jam. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, dan Uv-Vis DRS. Kemudian dilakukan uji aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi senyawa antibiotik *ciprofloxacin*.

4.1 Sintesis Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A= Ca, Sr, Ba$) Menggunakan Metode Lelehan Garam

Hasil sintesis ditampilkan pada Gambar 4.1 dan dapat dilihat bahwa terjadi perubahan warna sebelum dan sesudah dikalsinasi dimana sebelum pemanasan berwarna putih keruh pada senyawa $CaBi_4Ti_4O_{15}$ dan setelah dikalsinasi menjadi berwarna putih kecoklatan, pada senyawa $BaBi_4Ti_4O_{15}$ berwarna putih cerah dan setelah di kalsinasi menjadi putih keruh, pada $SrBi_4Ti_4O_{15}$ berwarna putih keruh dan setelah di kalsinasi menjadi warna kuning. Perubahan warna menunjukkan adanya reaksi kimia dan terbentuk senyawa baru. Reaksi yang terjadi dalam sintesis ada dalam persamaan 4.1-4.3.



Gambar 4. 1 Sampel sebelum ditanur dan dicuci (a), dan Sampel sesudah ditanur dan dicuci (b)

Sampel hasil kalsinasi kemudian dicuci menggunakan akuades yang dipanaskan perlakuan ini berfungsi untuk menghilangkan garam yang masih ada dalam senyawa. Keberadaan garam akan ditunjukkan dengan keberadaan endapan larutan putih ketika ditetesi dengan larutan $AgNO_3$. Terbentuknya endapan putih dapat dituliskan dalam reaksi dibawah ini

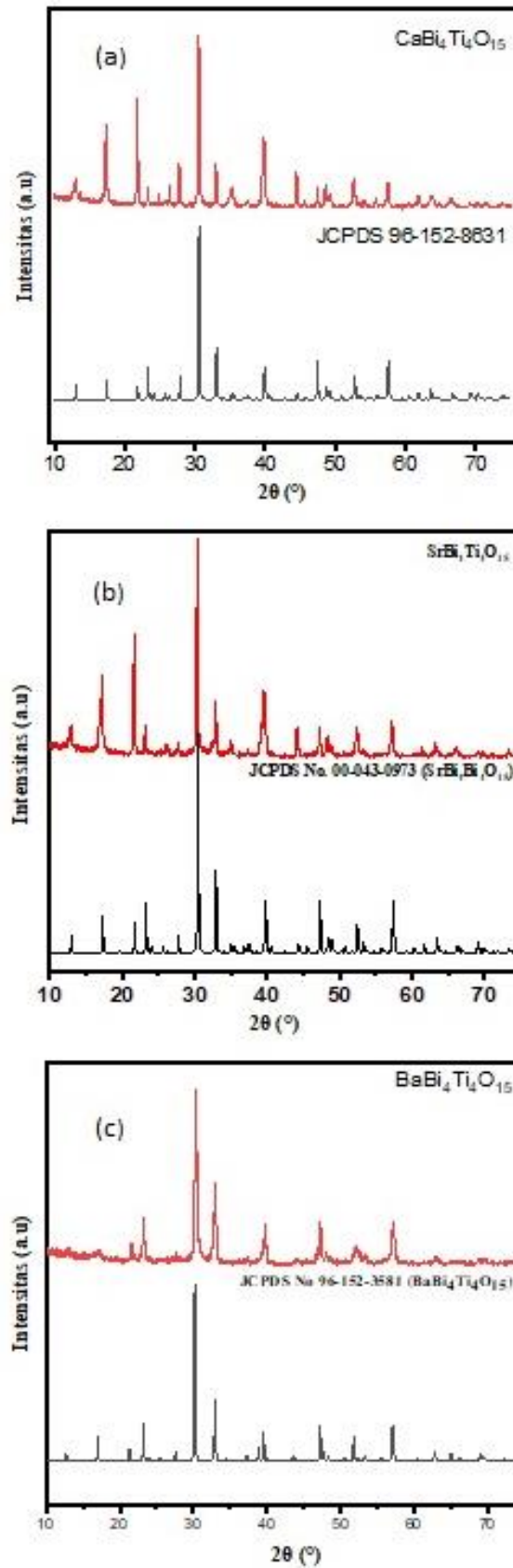
$\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$	4.4
$\text{AgNO}_3 + \text{KCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{KNO}_3$	4.5

4.2 Karakterisasi Senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan XRD

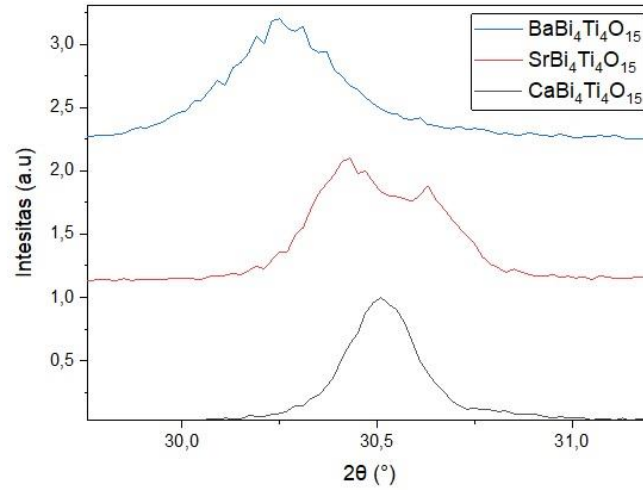
Senyawa produk yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan XRD dan difraktogram senyawa produk ditampilkan pada Gambar 4.2. Identifikasi dilakukan dengan membandingkan puncak-puncak difraksi senyawa produk dengan data standar pada *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS): (a) $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan nomor 96-152-8631, (b) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan nomor 00-043-0973, (c) $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan nomor 00-035-0757. Perbandingan difraktogram $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan standar JCPDS ditampilkan pada Gambar 4.2 (a) dan dapat dilihat bahwa terdapat kesesuaian antara puncak-puncak $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan puncak difraktogram standar JCPDS nomor 96-152-8631. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ berhasil disintesis dan tidak adanya puncak tambahan mengidentifikasi tidak adanya senyawa pengotor.

Puncak-puncak khas senyawa $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ditemukan pada 2θ ($^\circ$); 12,82; 16,90; 21,56; 27,97; 30,57; 32,90; 39,9; 44,56; 47,47; 52,72; 57,38; 62,04; 63,79; 66,70, Perbandingan difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan standar JCPDS ditampilkan pada Gambar 4.2 (b) dan dapat dilihat bahwa terdapat kesesuaian antara puncak-puncak $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan puncak difraktogram standar JCPDS nomor 00-043-0973. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ berhasil disintesis dan tidak adanya puncak tambahan mengidentifikasi tidak adanya senyawa pengotor. Puncak-puncak khas senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ditemukan pada 2θ ($^\circ$); 12,86; 16,94; 21,6; 23,35; 26,27; 30,35; 33,08; 39,49; 44,14; 47,07; 52,31; 56,97; 61,64, Perbandingan difraktogram $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan standar JCPDS ditampilkan pada Gambar 4.2 (c) dan dapat dilihat bahwa terdapat kesesuaian antara puncak-puncak $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan puncak difraktogram standar JCPDS nomor 00-035-0757. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ berhasil disintesis dan tidak adanya puncak tambahan mengidentifikasi tidak adanya senyawa pengotor. Puncak-puncak khas senyawa $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ditemukan pada 2θ ($^\circ$); 21,52; 23,26; 29,67; 32,59; 39,58; 47,16; 51,82; 57,06.

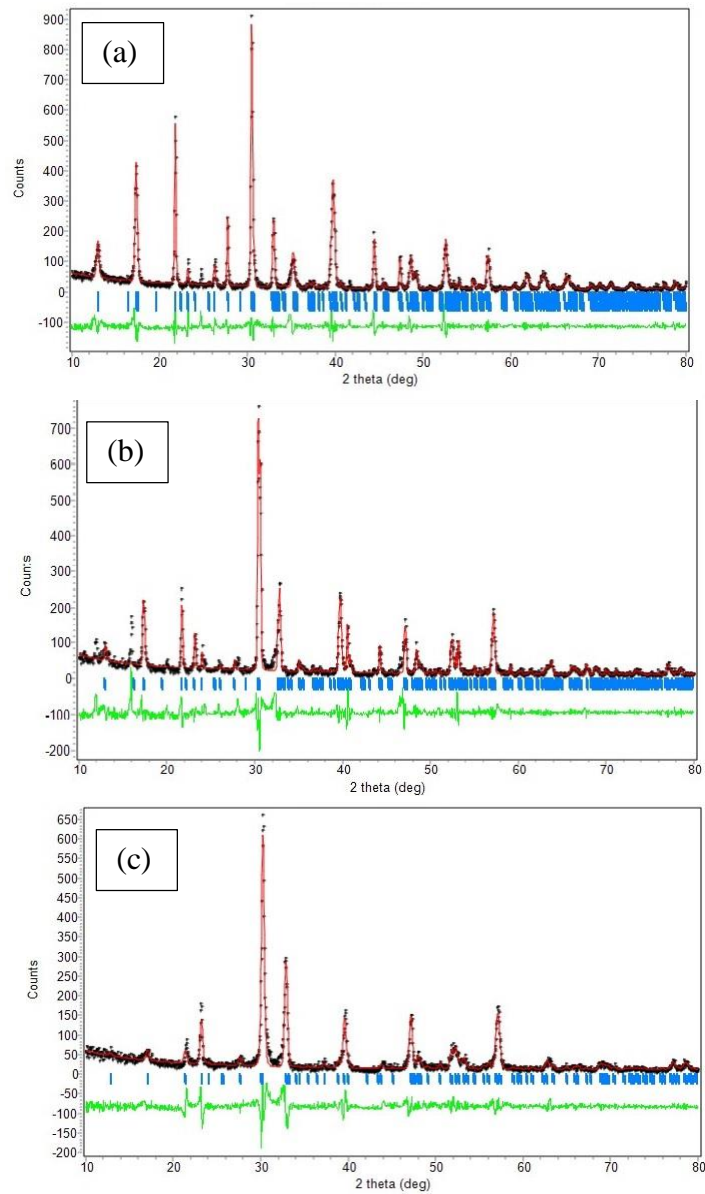
Pada Gambar 4.3 ketiga senyawa tidak ditemukannya pengotor atau puncak tambahan, dan apabila dibandingkan puncak-puncak nya senyawa $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memiliki puncak pegerseran paling tinggi yaitu 30,5, sedangkan $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memiliki puncak paling tinggi 30,4, dan senyawa $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memiliki nilai puncak paling tinggi yaitu 30,3. Hal ini juga diperkuat dengan dilakukannya pengujian *refinement* untuk mengetahui kemurnian terlihat pada Gambar 4.4. Hasil yang didapat senyawa $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memiliki nilai *weight profile-R* (R_{wp})=16,65%, senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memiliki nilai R_{wp} = 20,94 dan senyawa $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memiliki R_{wp} = 20,95. Data *refinement* ini menunjukkan bahwa senyawa $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ memiliki hasil yang paling baik dari kedua senyawa yang lainnya.



Gambar 4. 2 Difaktogram senyawa: (a) $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, (b) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, (c) $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$



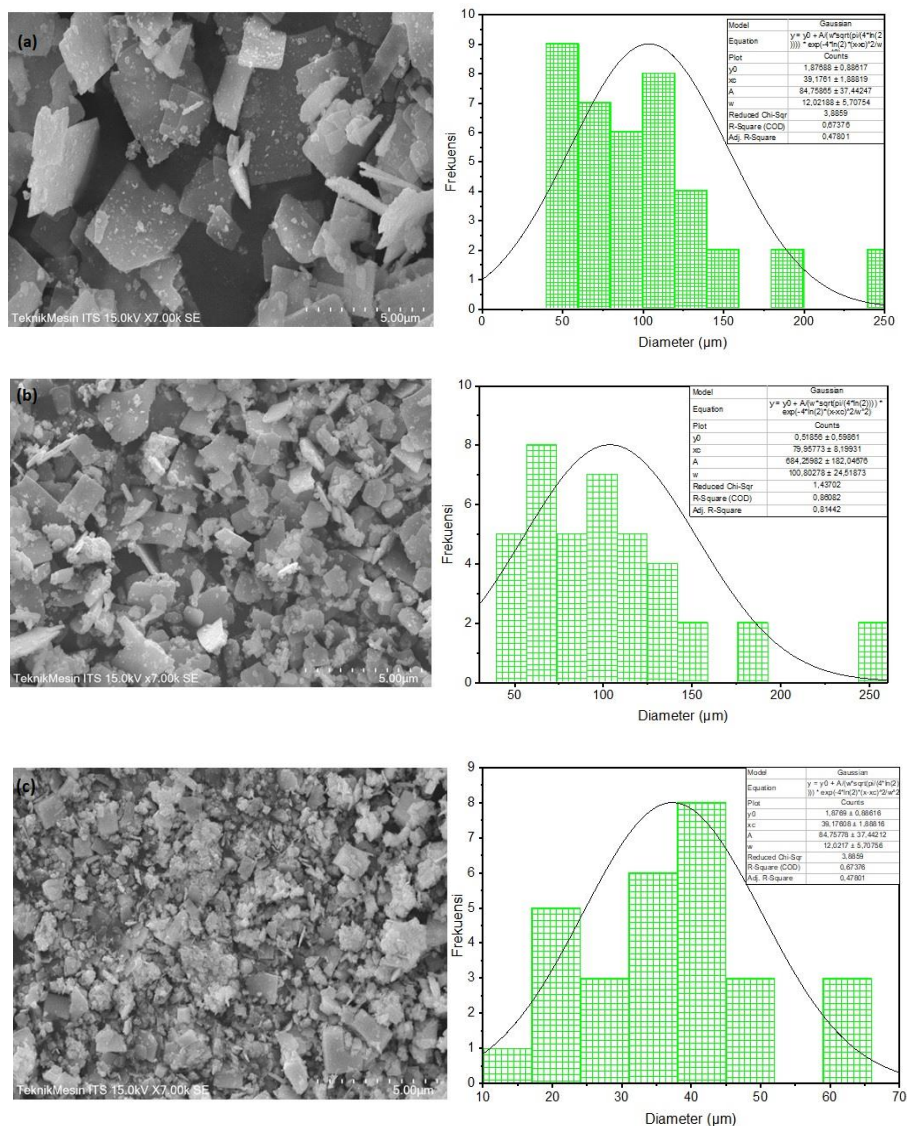
Gambar 4. 3 Difaktogram pergeseran senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$)



Gambar 4. 4 Plot data hasil *refinement*: (a) $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, (b) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, (c) $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

4.3 Karakterisasi Senyawa $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) Menggunakan SEM

Gambar SEM senyawa produk $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A = \text{Ca, Sr, Ba}$) ditampilkan pada Gambar 4.5 dan dapat dilihat bahwa semua sampel mempunyai morfologi *plate-like* dengan ukuran yang tidak seragam. Morfologi ini adalah khas senyawa Aurivillius yang dilaporkan banyak pihak (Zulhadjri, dkk., 2022). Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa sampel mempunyai morfologi *plate-like*. Morfologi *plate-like* yang paling jelas terlihat pada senyawa $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ Gambar 4.5 (a) dengan ukuran partikel rata-rata $150 \mu\text{m}$. Sedangkan pada $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ selain terdapat morfologi *plate-like* juga terdapat aglomerasi pada sampel dengan ukuran rata-rata partikel $90 \mu\text{m}$. Pada sampel $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ terlihat morfologi *plate-like* mulai sedikit dan terdapat banyak aglomerasi dengan ukuran partikel yang lebih kecil yaitu dengan rata-rata $60 \mu\text{m}$,



Gambar 4. 5 Hasil SEM (a) $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, (b) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, (c) $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

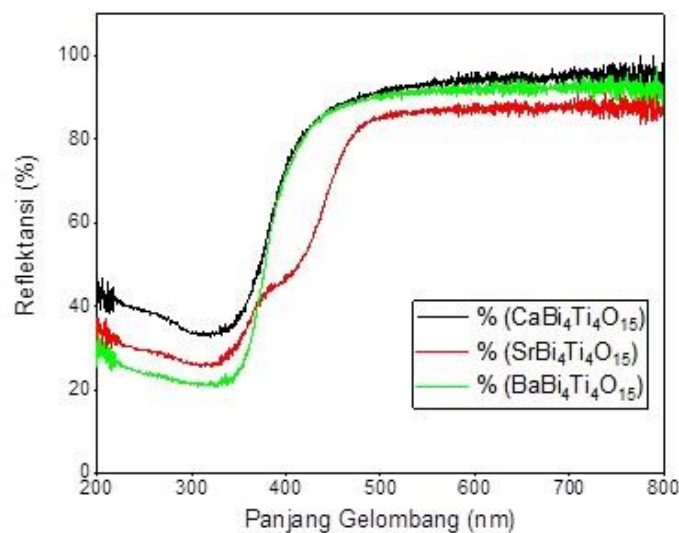
4.4 Karakterisasi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan UV-Vis DRS

Spektra reflektansi senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) ditampilkan pada Gambar 4.6 dan 4.7 dan data yang didapat selanjutnya diolah menggunakan persamaan Kubelka-Munk untuk menghitung nilai energi celah pita yang hasilnya dirangkum pada Tabel 4.1. Berdasarkan hasil yang didapat adalah $SrBi_4Ti_4O_{15}$ dengan celah pita 3,146, $CaBi_4Ti_4O_{15}$ dengan energi celah pita 3,148, dan $BaBi_4Ti_4O_{15}$ dengan celah pita 3,18. Dari Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa urutan nilai energi celah pita dari yang kecil ke yang terbesar adalah $SrBi_4Ti_4O_{15} < CaBi_4Ti_4O_{15} < BaBi_4Ti_4O_{15}$. Hasil ini juga berhubungan dengan hasil xrd dan sem dimana tingkat kemurnian yang didapat dari hasil xrd dan tidak ditemukannya aglomerasi dari senyawa $CaBi_4Ti_4O_{15}$ menunjukkan bahwa lebih baik dari pada kedua senyawa yang lain.

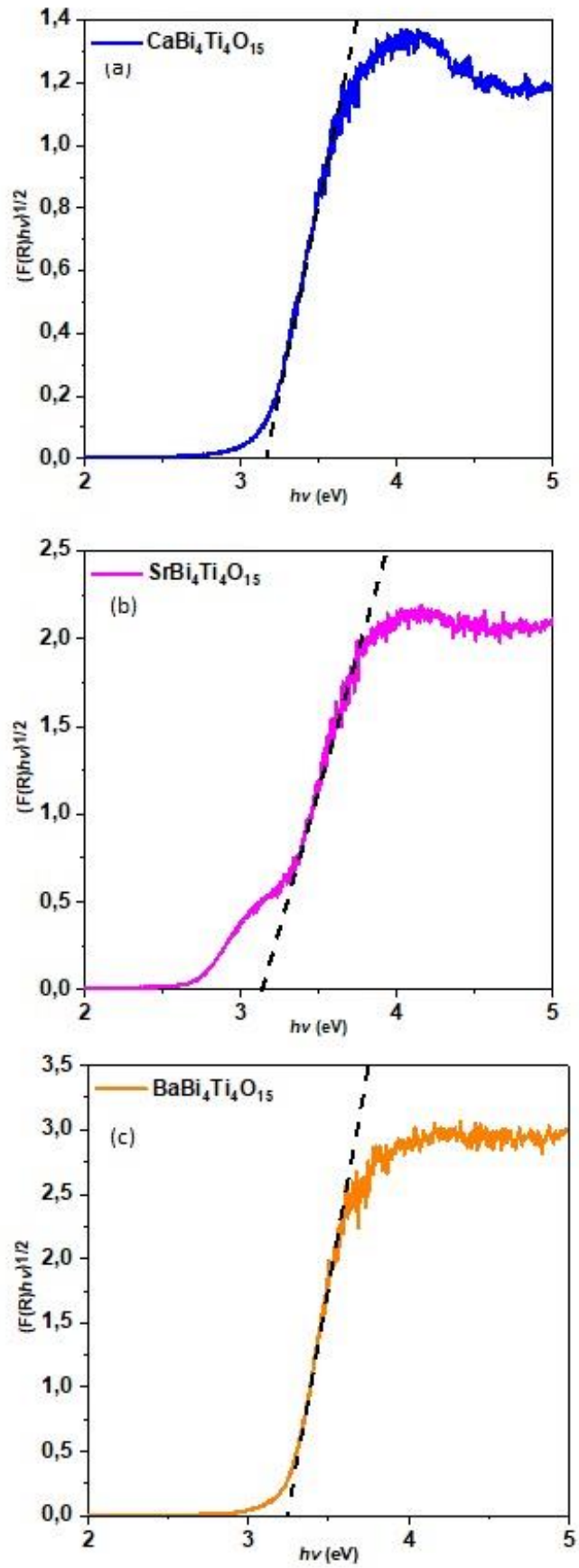
Hal ini menunjukkan semakin besar keelektronegatifan kation A mengakibatkan energi celah pita kecil. Hur, dkk, (2006) melaporkan bahwa semakin elektronegatif kation A maka akan menurunkan densitas elektron sehingga ikatan melemah dan energi celah pita menurun, dalam penelitian tersebut juga dilaporkan bahwa kation A yang lebih besar mengakibatkan penerunan energi celah pita (efek sterik) (Nayak, 2018).

Tabel 4. 1 Nilai energi celah pita dan panjang gelombang

Sampel	Energi Celah Pita (E_v)	Panjang Gelombang (nm)
$CaBi_4Ti_4O_{15}$	3,148	394,16
$SrBi_4Ti_4O_{15}$	3,146	394,41
$BaBi_4Ti_4O_{15}$	3,18	387,75



Gambar 4. 6 Spektra reflektansi senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)

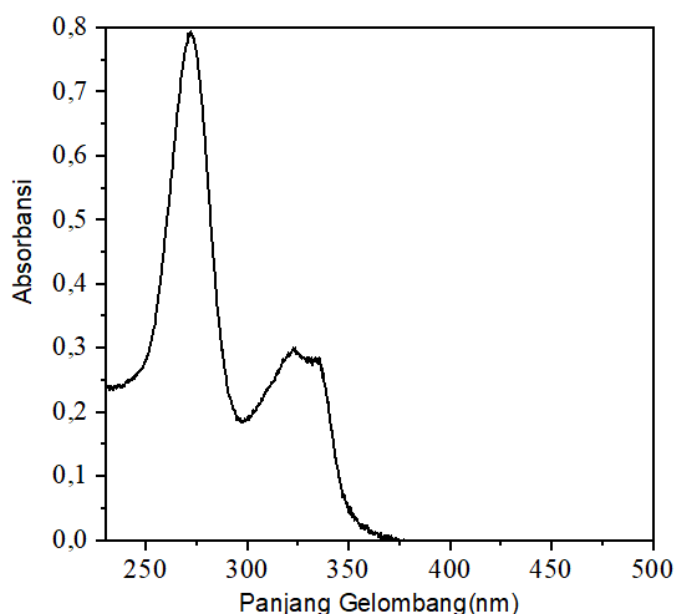


Gambar 4. 7 Plot Tauc senyawa (a) $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, (b) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, (c) $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

4.5 Uji Aktivitas Fotokatalis $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Menggunakan Ciprofloxacin

4.5.1 Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum Ciprofloxacin

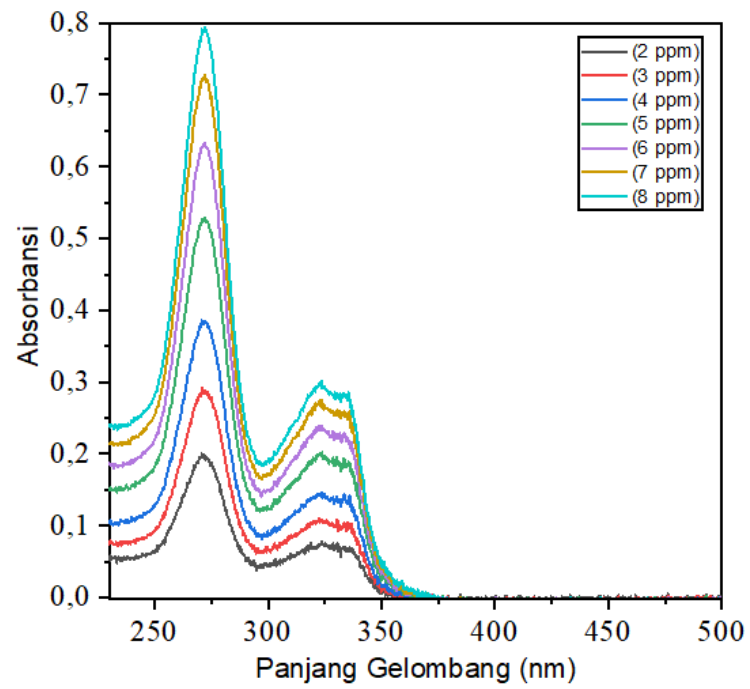
Pengukuran panjang gelombang maksimal larutan standar ciprofloxacin dilakukan dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis dan spektra ciprofloxacin ditampilkan pada Gambar 4.7. Pada spektra ciprofloxacin dengan konsentrasi 8 ppm yang terlihat bahwa memiliki puncak serapan pada daerah *ultraviolet* (271,4 dan 324,2 nm). Transisi elektron yang terjadi melibatkan orbital π atau orbital *nonbonding* dalam molekul dan *ciprofloxacin* disini bertindak sebagai donor *n*-elektron. Transisi ini terjadi pada saat elektron dari orbital *nonbonding* yang terdapat pada sekitar atom dalam molekul berpindah ke orbital *antibonding* (Dachriyanus,2004).



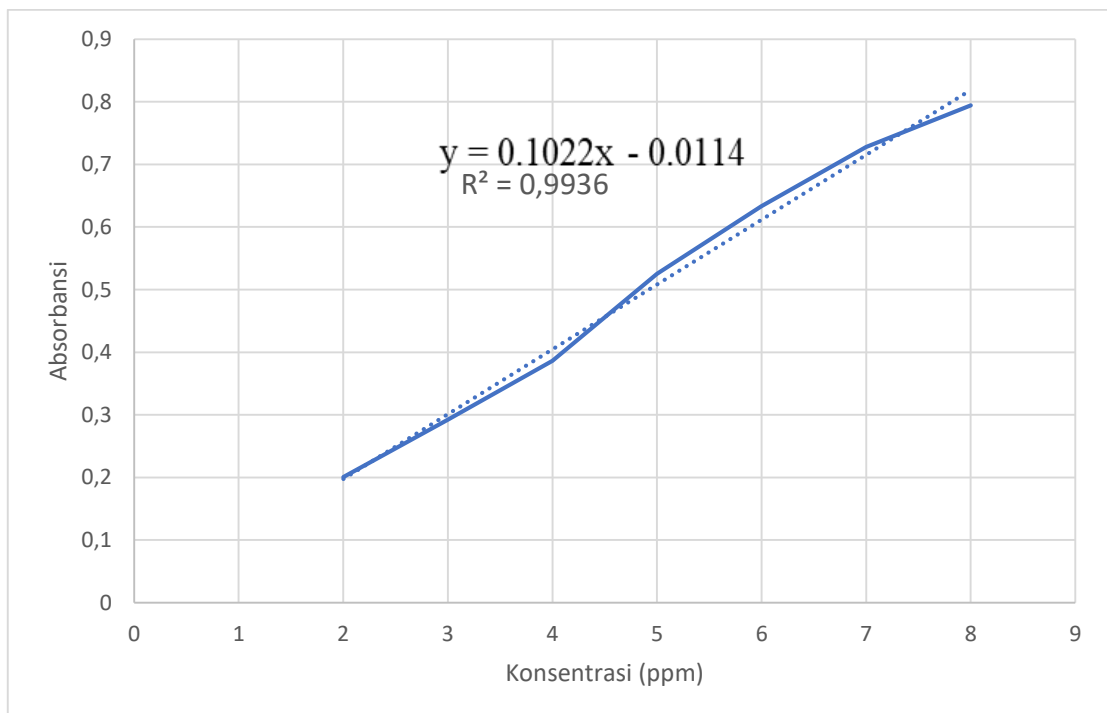
Gambar 4. 8 Panjang gelombang 8 ppm ciprofloxacin

4.5.2 Pembuatan Kurva Standar Ciprofloxacin

Pembuatan kurva standar larutan ciprofloxacin dilakukan untuk membuat grafik Lambert-Beer dengan rentang konsentrasi larutan ciprofloxacin yang digunakan adalah 2-8 ppm. Spektrum UV-Vis larutan standar ciprofloxacin ditampilkan pada Gambar 4.8. Pembuatan persamaan regresi Lambert-Beer menggunakan panjang gelombang maksimum 271,4 nm dan ditampilkan pada Gambar 4.9 . Nilai absorbansi yang didapat dari setiap larutan baku yang diplotkan dengan sumbu *X* dan sumbu hasil yang didapat konsentrasi berbanding lurus dengan absorbansi dan didapat persamaan regresi adalah $y = 0,1022x + 0,0114$ dengan nilai koefisien koreksi (R^2) sebesar 0,9936 yang menunjukkan bahwa pembuatan kurva standar larutan *ciprofloxacin* telah memenuhi hukum Lambert-Beer.



Gambar 4. 9 Spektra absorbansi UV-Vis larutan standar



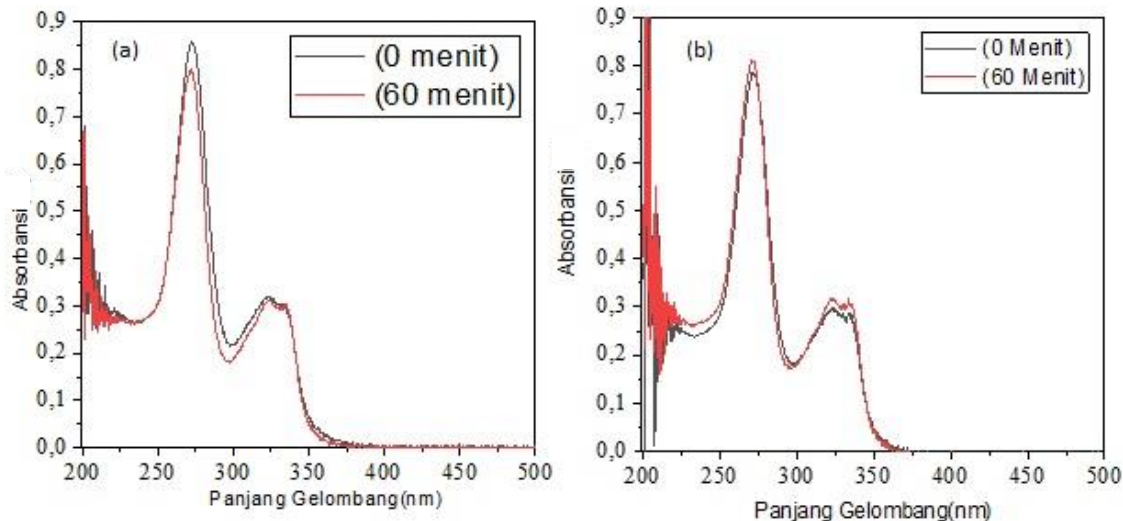
Gambar 4. 10 Hasil pembuatan kurva standar

4.5.3 Uji Kestabilan Larutan Ciprofloxacin

Uji kestabilan dilakukan untuk larutan ciprofloxacin pada kondisi gelap (tidak terpapar cahaya) dan dengan kondisi terang (terpapar cahaya). Uji ini dilakukan pada larutan ciprofloxacin dengan konsentrasi 8 ppm pada kondisi gelap (tanpa radiasi sinar UV) dan pada kondisi terang (dengan radiasi sinar UV) dengan waktu 0-60 menit dengan 3 kali pengulangan, hasil ditampilkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.10. Hasil menunjukkan terjadi penurunan yang tidak terlalu besar pada uji tanpa cahaya dan dengan cahaya hal ini menunjukkan bahwa larutan *ciprofloxacin* tidak dapat dipengaruhi oleh paparan sinar.

Tabel 4. 2 Hasil uji kestabilan

Daerah Uji Kestabilan	Waktu (menit)	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
Tanpa Lampu UV	0	0,858	9,510
	60	0,802	7,958
Terpapar Lampu UV	0	0,815	8,090
	60	0,787	7,816



Gambar 4. 11 Spektra absorbansi UV-Vis uji kestabilan (a) terpapar sinar UV, dan (b) tempat gelap

4.5.4 Uji Adsorpsi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) Terhadap Ciprofloxacin

Uji kesetimbangan adsorpsi senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) dilakukan untuk mengukur kemampuan senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba) dalam menyerap ciprofloxacin. Uji ini dilakukan menggunakan katalis sebesar 100 mg dengan konsentrasi larutan ciprofloxacin

8 ppm. Uji dilakukan selama 30 menit dalam keadaan gelap (tanpa paparan sinar UV) untuk kemampuan adsorpsi (Meshesha, dkk., 2017). Hasil uji adsorpsi ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil uji adsorpsi

Sampel	Persen Penurunan (%)
CaBi ₄ Ti ₄ O ₁₅	17,61
SrBi ₄ Ti ₄ O ₁₅	19,19
BaBi ₄ Ti ₄ O ₁₅	15,25

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa senyawa CaBi₄Ti₄O₁₅, SrBi₄Ti₄O₁₅, BaBi₄Ti₄O₁₅ juga memiliki kemampuan adsorpsi senyawa ciprofloxacin. Akan tetapi kemampuan adsorpsi masing-masing senyawa tersebut kecil, jadi dapat dilanjutkan atau digunakan sebagai material untuk degradasi dengan bantuan sinar uv. Sifat adsorpsi pada masing-masing senyawa tersebut terjadi karena Aurivillius strukturnya berlapis-lapis dan rongga antar lapisan dapat digunakan untuk mengadsorp. Dari hasil yang didapat senyawa SrBi₄Ti₄O₁₅ memiliki penurunan yang sangat besar, hal ini menandakan bahwa senyawa SrBi₄Ti₄O₁₅ memiliki kemampuan absorben yang sangat baik, dimana hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan metilen biru. Pada penelitian sebelumnya dijelaskan bahwa senyawa SrBi₄Ti₄O₁₅ mampu menyerap dengan baik larutan metilen biru dengan hasil absorbansi yang tinggi (al-Abror, 2023).

4.5.5 Uji Degradasi Senyawa ABi₄Ti₄O₁₅ (A= Ca, Sr, Ba) Terhadap Ciprofloxacin Menggunakan Lampu UV

Uji Degradasi Senyawa ABi₄Ti₄O₁₅ (A= Ca, Sr, Ba) terhadap ciprofloxacin dilakukan untuk mengetahui aktivitas fotokatalitik. Uji degradasi larutan ciprofloxacin terhadap senyawa ABi₄Ti₄O₁₅ (A= Ca, Sr, Ba) sebagai katalis dilakukan menggunakan larutan ciprofloxacin dengan konsentrasi 8 ppm dan massa katalis sebesar 100 mg. Uji dilakukan dengan uji adsorpsi selama 30 menit, selanjutnya diuji pada kondisi terang menggunakan lampu bohlam LED UV spotlight bulb 80 LEDs 220 V E27 selama 90 menit.

Hasil uji degradasi ditampilkan pada Tabel 4.4 menunjukkan CaBi₄Ti₄O₁₅ dapat mendegradasi ciprofloxacin lebih tinggi yaitu 36,60% dibandingkan senyawa SrBi₄Ti₄O₁₅ yang memiliki persen degradasi sebesar 28%, dan senyawa BaBi₄Ti₄O₁₅ berhasil di degradasi dengan persen penurunan sebesar 26,93%. Hasil degradasi terbaik dari CaBi₄Ti₄O₁₅

dipengaruhi oleh hasil rifinement yang juga menunjukkan hasil yang paling baik dibandingkan $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dan $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$. Selain itu hasil sem dengan morfologi *plate-like* yang paling jelas juga ditunjukkan pada sampel $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa morfologi *plate-like* sangat berpengaruh terhadap persen degradasi ciprofloxacin. *Spektra* uji degradasi ditampilkan pada Lampiran 7.2-7.4

Tabel 4. 4 Hasil uji degradasi $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (A= Ca, Sr, Ba)

Sampel	Rata-rata degradasi (%)	Standar Deviasi
$\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	36,60	$35,60 \pm$
$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	28	$29 \pm$
$\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	26,93	$26,93 \pm$

Semakin maju zaman dan berkembang bukan berarti tidak ada nampak negatif nya, perkembangan farmasi sebagai contoh nya yang bisa merusak lingkungan perairan dan daratan. Perbuatan manusia yang tidak bertanggung jawab tentunya merusak ciptaan Allah telah tertulis pada al-Qur'an surat ar-Rum ayat 41:

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

Artinya : “*Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).*”

Kata “zhahara” berarti terjadinya sesuatu di muka bumi, sehingga nampak terang dan jelas. Lafadz “al fasad” menurut al-Ashfahani merujuk pada kerusakan apa saja, yang diakibatkan karena keluarnya sesuatu dari keseimbangan, baik sedikit atau banyak. Ulama kontemporer memahami al fasad dengan kerusakan lingkungan, karena lafadznya dikaitkan dengan darat dan laut (Shihab, 2002).

Sintesis fotokatalis merupakan salah satu usaha manusia untuk menjaga lingkungan dari kerusakan lingkungan seperti pencemaran air, karena tugas manusia adalah menjaga titipan dari Allah SWT. Hal tersebut jelas tertulis dalam al-Qur'an surat al-A'raf ayat 56:

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.*”

Ayat tersebut menegaskan Allah melarang manusia untuk berbuat kerusakan di muka bumi yang telah dijadikan baik oleh Allah. Hal ini berkaitan dengan etika manusia terhadap bumi yang ditempatinya untuk tidak berbuat kedzaliman, merusak kelestarian lingkungan, dan mengeksploitasi sumber daya alam secara berlebihan. Manusia diperintahkan untuk berbuat baik karena rahmat Allah dekat kepada orang-orang yang berbuat baik. Perbuatan baik yang berkaitan dengan alam meliputi merawat dan melestarikan lingkungan (Shihab, 2002).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A= Ca, Sr, Ba$) berhasil disintesis menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl/KCl, hasil difaktogram senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A=Ca, Sr, Ba$) didapatkan puncak-puncak khas senyawa yang tidak ditemukan pengotor dan senyawa $CaBi_4Ti_4O_{15}$ memiliki hasil yang lebih murni dari pada senyawa yang lainnya. Hasil SEM senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A=Sr, Ba, Ca$) mendapatkan morfologi partikel yang sesuai yaitu *plate-like* dengan hasil senyawa $CaBi_4Ti_4O_{15}$ memiliki aglomerasi yang paling sedikit. Hasil perhitungan *kubelka*-munk didapatkan nilai energi celah pita (α) $SrBi_4Ti_4O_{15}$ dengan band gap 3,146, (b) $CaBi_4Ti_4O_{15}$ dengan band gap 3,148, dan (c) $BaBi_4Ti_4O_{15}$ dengan band gap 3,18. Hasil uji degradasi terhadap *ciprofloxacin* menggunakan lampu UV selama 90 menit menunjukkan senyawa $CaBi_4Ti_4O_{15}$, $BaBi_4Ti_4O_{15}$, $SrBi_4Ti_4O_{15}$ memiliki kemampuan untuk degradasi secara berurutan dengan nilai 35,06%, 28%, dan 26,93%.

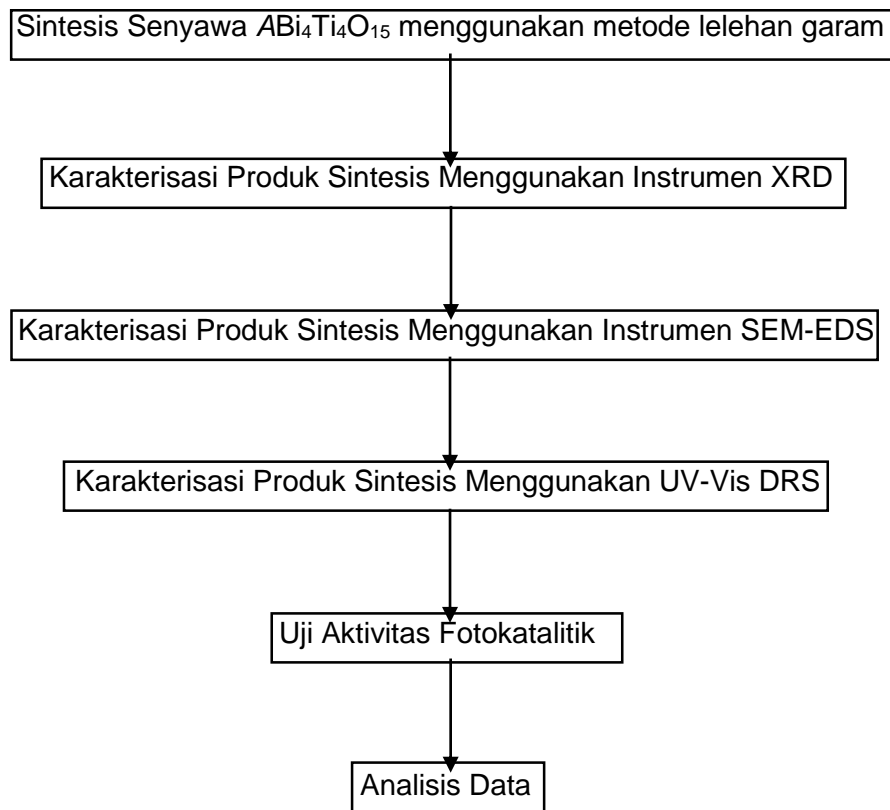
5.2 Saran

Untuk mendapatkan persen degradasi yang lebih tinggi diperlukan waktu penyinaran yang lebih dari 90 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Abror, dkk. 2023. 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): 182–89.
- Abdurahman, Hussein, Ahmad, Z.A, Noor, F.S, 2021, A comprehensive review on sonocatalytic, photocatalytic, and sonophotocatalytic processes for the degradation of antibiotics in water: Synergistic mechanism and degradation pathway, *Chemical Engineering Journal* Vol 413.
- Ansori, S., Sriatun, S., Pardoyo, P. (2016). Modifikasi Zeolit Alam Menggunakan TiO_2 Pewarna Indigo Carmine. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(2), 68-71. DOI: 10.14710/jksa.19.2.68-71
- Borg, S., Svensson, G., Bovin, J.-O. 2002. Structure Study of $\text{Bi}_{2.5}\text{Na}_{0.5}\text{Ta}_2\text{O}_9$ and $\text{Bi}_{2.5}\text{Na}_{m-1.5}\text{Nb}_m\text{O}_{3m+3}$ ($m=2-4$) by Neutron Powder Diffraction and Electron Microscopy. *Journal of Solid State Chemistry*, 167(1), 86–96.
- Chan, S. H. S., Yeong Wu, T., Juan, J. C., & Teh, C. Y. (2011). Recent developments of metal oxide semiconductors as photocatalysts in advanced oxidation processes (AOPs) for treatment of dye waste-water. *J Chem Technol Biot*, 86(9), 1130-1158.
- Deng, J., Wu, G., Yuan, S., Zhan, X., Wang, W., Hu, Z.-H. (2019). Ciprofloxacin Degradation in UV/Chlorine Advanced Oxidation Process: Influencing Factors, Mechanisms and Degradation Pathways. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 371, 151-158.
- Giri, A.S., Golder, A.K. (2014). Ciprofloxacin Degradation from Aqueous Solution by Fenton Oxidation: Reaction Kinetics and Degradation Mechanisms. *RSC Advances*, 4(13), 6738-6745.
- Gunawan, Nor, Basid, A.P. Abdul, H, 2012, Pengaruh Ion Logam Cd(II) dan pH Larutan Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Remazol Black B Menggunakan Katalis TiO_2 Molekul, Vol. 7. No. 2 Kuchibhotla, A., Debjyoti B., dan Vijay D. 2020. Forced Convection Heat Transfer of Molten Salts: A Review. *Nuclear Engineering and Design*, 362 : 110591.
- Hao, H., Liu, H., Ouyang, S. 2009. Structure and Ferroelectric Property of NbDoped $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ Ceramics. *Journal of Electroceramics*, 22(4), 357–362.
- Hu, dkk. 2020. Mechanisms Underlying the Photocatalytic Degradation Pathway of Ciprofloxacin with Heterogeneous TiO_2 . *Chemical Engineering Journal* 380(April 2019)
- Hur, S. G., Kim, T. W., Hwang, S.-J., Choy, J.-H. 2006. Influences of A- and B Site Cations on The Physicochemical Properties of Perovskite Structured $\text{A}(\text{In}_{1/3}\text{Nb}_{1/3}\text{B}_{1/3})\text{O}_3$ (A=Sr, Ba; B=Sn, Pb) Photocatalysts. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 183(1–2), 176–181.
- Joanne Gamage McEvoy, Zhang, 2014, Antimicrobial and photocatalytic disinfection mechanisms in silver-modified photocatalysts under dark and light conditions, *Journal of*

- Photochemistry and Photobiology C: Photochemistru Reviews. Li, Y., Zhang, H., Li, Z., dan Sun, J. 2008. Electronic Structure and Photocatalytic Properties of $ABi_2Ta_2O_9$ ($A = Ca, Sr, Ba$). *Journal of Solid State Chemistry*, 181(10): 2653–59.
- Manendar. R. 2010. Pengolahan Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Dengan Metode Fotokatalitik TiO_2 : Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kualitas BOD_5 , COD, dan pH Efluen. Tesis. Program Studi Kesehatan Masyarakat Veteriner Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lathif, Al-Abror, Hastuti, Erna, Prasetyo, Anton, 2022, Molten Salt Synthesis of Photocatalyst Material $SrBi_4Ti_4O_{15}$ for Methylene Blue Degradation, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*.
- Luo, L., dkk. 2021. Molten-Salt Technology Application for the Synthesis of Photocatalytic Materials. *Energy Technology* 9(2): 1–14.
- Pratiwi, Restiani Alia, and Asep Bayu Dani Nandiyanto. 2022. How to Read and Interpret UVVIS Spectrophotometric Results in Determining the Structure of Chemical Compounds. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology* 2(1): 1–20.
- Rusch, M., Spielmeyer, A., Zorn, H., Hamscher, G. (2018). Biotransformation of Ciprofloxacin by *Xylaria longipes*: Structure Elucidation and Residual Antibacterial Activity of Metabolites. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 102(19), 8573-8584.
- Shihab, M. Q. 2002. Tafsir Al Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an. Jakarta: Lentera Hati.
- Suslick, K.S., Casadonte, D.J., Green, M.L.H Thompson, M.E.,. 1987. Effects of High Intensity Ultrasound on Inorganic Solids. *Ultrasonics* 25 (1): 56–59.
- Yahya, N., Jamaludin, N.A., Mutalib, M.A., Ismail, A.F., Salleh, W.N.W., Jaafar, J., Yusof, N., & Ludin, N.A. 2018. A review of integrated photocatalyst adsorbents for wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(6) 7411-7425.
- Yang, dkk. 2018. Comparative Study on the Synthesis and Photocatalytic Performance of Bi_2WO_6 Nanosheets Prepared via Molten Salt and Hydrothermal Method. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 29(16): 14311–21.
- Zhang, H., Z. Fan, Q. Chai, and J. Li. 2023. Facile Synthesis of Bi_2WO_6/BiO_2-x Heterojunction for Efficient Photocatalytic Degradation of Ciprofloxacin under Visible Light Irradiation. : 469.
- Zhao, Z., Qin, F., Dai, H., Ding, J., Liu, Y., dan Chen, R. 2016. Crystal Defect Engineering of Aurivillius Bi_2MoO_6 by Ce Doping for Increased Reactive Species Production in Photocatalysis. *ACS Catalysis*, 6(5): 3180-3192
- Zulhadjri, Sabri, E.A, Sukri, A., 2013. Sintesis Senyawa Aurivillius $SrBi_4Ti_4O_{15}$ yang Didoping Kation La^{3+} dengan Metode Lelehan Garam. *Prosiding Sematira FMIPA Universitas Lampung*

LAMPIRAN**Lampiran 1. Rencana Penelitian**

Lampiran 2. Diagram Alir**L.2.1 Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal**

ACO₃ (A=Sr, Ca, Ba), Bi₂O₃, dan TiO₂

- dimasukkan ke dalam *mortar agate* dengan berat sesuai perhitungan stoikiometri
- dihomogenkan dengan *mortar agate* selama satu jam dan ditambahkan aseton selama proses penggerusan

Hasil

L.2.2 Sintesis ABi₄Ti₄O₁₅ (A=Ca, Sr, Ba) dengan Metode Lelehan Garam

Sampel dan garam dengan perbandingan mol 1:7

- dikalsinasi pada suhu 750 dan 820°C selama 6 jam
- dikeluarkan dari tanur dan didinginkan pada suhu ruang
- diletakkan di atas kertas saring dan disaring menggunakan corong gelas dan erlenmeyer
- dicuci menggunakan aquades panas secara berulang-ulang hingga kandungan garam hilang
- dianalisis kandungan garam pada produk menggunakan tetesan AgNO₃
- dikeringkan di dalam oven pada suhu 90°C selama 3 jam

Hasil

L.2.3 Karakterisasi dan Analisis ABi₄Ti₄O₁₅ (A=Ca, Sr, Ba) menggunakan Instrumen XRD

Sampel

- diletakkan dalam *sample holder*
- dianalisa pada rentang $2\theta = 10-80^\circ$ menggunakan radiasi Cu K α (40 kV dan 15 mA)
- dibandingkan dengan *database Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS)

Hasil

L.2.4 Karakterisasi dan Analisis $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) menggunakan Instrumen SEM-EDS

Sampel

- diletakkan dalam *sample holder*
- dianalisa dengan rentang perbesaran 2.000-20.000 kali
- dianalisa ukuran partikel menggunakan perangkat lunak *Image-J*

Hasil

L.2.5 Karakterisasi dan Analisis $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) menggunakan Instrumen UV-Vis DRS

Sampel

- diletakkan dalam *sample holder*
- diukur pada panjang gelombang 200-800 nm
- dianalisis menggunakan persamaan Kubelka-Munk

Hasil

L.2.6 Uji Aktivitas Fotokatalitik

L.2.6.1 Pembuatan Larutan Induk *Ciprofloxacin*

Ciprofloxacin

- ditimbang sebanyak 500 mg
- dilarutkan dengan akades
- dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL dan ditandabatkan
- dihomogenkan

Larutan Induk 1000 ppm

L.2.6.2 Pembuatan Kurva Standar *Ciprofloxacin*

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

- diukur absorbansinya menggunakan spektroskopi UV-Vis

Hasil

L.2.6.3 Pembuatan Uji Kestabilan di Daerah Gelap Larutan *Ciprofloxacin*100 mL Larutan *Ciprofloxacin* 4 ppm

- diletakkan dalam reaktor fotokatalis
- diuji selama 60 menit tanpa sinar UV
- diukur absorbansinya menggunakan spektroskopi UV-Vis

Hasil

L.2.6.4 Pembuatan Uji Kestabilan Terpapar Sinar UV Larutan *Ciprofloxacin*100 mL Larutan *Ciprofloxacin* 4 ppm

- diletakkan dalam reaktor fotokatalis
- diuji selama 90 menit dengan sinar UV
- diukur absorbansinya menggunakan spektroskopi UV-Vis

Hasil

L.2.6.5 Uji Kesetimbangan Adsorpsi-Desorpsi Senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba)100 mL *Ciprofloxacin* 4 ppm + 0,1 serbuk $ABi_4Ti_4O_{15}$

- diletakkan di dalam reaktor fotokatalis
- distirer selama 30 menit tanpa cahaya
- disaring menggunakan kertas saring Whatman

Larutan *Ciprofloxacin*

Endapan

- dipindahkan ke dalam kuvet untuk diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis
- diperiksa pH dengan indikator universal

Hasil

L.2.6.6 Uji Aktivitas Fotokatalitik Larutan *Ciprofloxacin* Menggunakan Fotokatalis $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) Hasil Sintesis

100 mL *Ciprofloxacin* 4 ppm + 0,1 serbuk $ABi_4Ti_4O_{15}$

- diletakkan di dalam reaktor fotokatalis
- distirer
- diuji adsorpsi-desorpsi selama 30 menit
- disinari di bawah lampu UV dengan penyinaran 60 menit
- disaring menggunakan kertas saring Whatman

Larutan *Ciprofloxacin*

Endapan

- dipindahkan ke dalam kuvet untuk diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis
- diperiksa pH dengan indikator universal

Hasil

Lampiran 3. Perhitungan

Diketahui:

- Target massa produk adalah 4 gram
- Perbandingan mol precursor $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A=Ca, Sr, Ba$):NaCl/KCl adalah 1:7

Mr $SrCO_3$	= 147,6289 gr/mol
Mr $BaCO_3$	= 197,3359 gr/mol
Mr $CaCO_3$	= 100,0880 gr/mol
Mr TiO_2	= 79,8658 gr/mol
Mr Bi_2O_3	= 465,96 gr/mol
Mr NaCl	= 58,34 gr/mol
Mr KCl	= 74,555 gr/mol
Mr $SrBi_4Ti_4O_{15}$	= 1355,0096 gr/mol
Mr $CaBi_4Ti_4O_{15}$	= 1307,4676 gr/mol
Mr $BaBi_4Ti_4O_{15}$	= 1404,7166 gr/mol
Ar Sr	= 87,62 gr/mol
Ar Bi	= 208,9804 gr/mol
Ar Ti	= 47,867 gr/mol
Ar Ba	= 137,327 gr/mol
Ar Ca	= 40,078 gr/mol
Ar O	= 16 gr/mol

L.3.1 $SrBi_4Ti_4O_{15}$ 

$$\begin{aligned} \text{Mol } SrBi_4Ti_4O_{15} &= \frac{\text{Massa } SrBi_4Ti_4O_{15}}{\text{Mr } SrBi_4Ti_4O_{15}} \\ &= \frac{4 \text{ gram}}{1355,0096 \text{ g/mol}} \\ &= 0,0029 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } SrCO_3 &= \text{Mr } SrCO_3 \times \text{mol } SrBi_4Ti_4O_{15} \times 1 \\ &= 147,6289 \text{ gr/mol} \times 0,0029 \text{ mol} \times 1 \\ &= 0,4281 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } Bi_2O_3 &= \text{Mr } Bi_2O_3 \times \text{mol } SrBi_4Ti_4O_{15} \times 1 \\ &= 465,96 \text{ gr/mol} \times 0,0029 \text{ mol} \times 1 \\ &= 1,3513 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } TiO_2 &= \text{Mr } TiO_2 \times \text{mol } SrBi_4Ti_4O_{15} \times 1 \\ &= 79,8658 \text{ gr/mol} \times 0,0029 \text{ mol} \times 1 \\ &= 0,2316 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol } SrBi_4Ti_4O_{15} \\ &= 7 \times 0,0029 \text{ mol} \\ &= 0,0203 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{Massa NaCl} = \text{Mr NaCl} \times \text{Mol NaCl}$$

$$= 58,34 \text{ gr/mol} \times 0,0203 \text{ mol}$$

$$= 1,1843 \text{ gr}$$

$$\text{Mol KCl} = 7 \times \text{mol SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$$

$$= 7 \times 0,0029 \text{ mol}$$

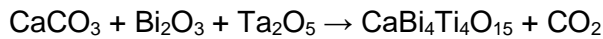
$$= 0,0203 \text{ mol}$$

$$\text{Massa KCl} = \text{Mr KCl} \times \text{Mol KCl}$$

$$= 74.555 \text{ g/mol} \times 0,0203 \text{ mol}$$

$$= 1,5135 \text{ gram}$$

L.3.2 CaBi₄Ti₄O₁₅



$$\text{Mol CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} = \frac{\text{Massa CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}}{\text{Mr CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}}$$

$$= \frac{4 \text{ gram}}{963,934 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,004149 \text{ mol}$$

$$\text{Massa CaCO}_3 = \frac{\text{Ar Ca}}{\text{Mr CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}} \times \frac{\text{Mr CaCO}_3}{\text{Ar Ca}} \times \text{Massa Target}$$

$$= \frac{40,078 \text{ g/mol}}{963,934 \text{ g/mol}} \times \frac{100,0880 \text{ g/mol}}{40,078 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram}$$

$$= 0,4153 \text{ gram}$$

$$\text{Massa Bi}_2\text{O}_3 = \frac{\text{Ar Bi}}{\text{Mr CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}} \times \text{Massa Target}$$

$$= \frac{208,9804 \text{ g/mol}}{963,934 \text{ g/mol}} \times \frac{456,96 \text{ g/mol}}{208,9804 \text{ g/mol}} \times 4 \text{ gram}$$

$$= 1,9336 \text{ gram}$$



$$\text{Mol CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} = \frac{\text{Massa CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}}{\text{Mr CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}}$$

$$= \frac{4 \text{ gram}}{1307.4676 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,0031 \text{ mol}$$

$$\text{Massa CaCO}_3 = \text{Mr CaCO}_3 \times \text{mol CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \times 1$$

$$= 100,088 \text{ gr/mol} \times 0,0031 \text{ mol} \times 1$$

$$= 0,3103 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Bi}_2\text{O}_3 &= \text{Mr Bi}_2\text{O}_3 \times \text{mol CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \times 1 \\ &= 465,96 \text{ gr/mol} \times 0,0031 \text{ mol} \times 1 \\ &= 1,4445 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TiO}_2 &= \text{Mr TiO}_2 \times \text{mol CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \times 1 \\ &= 79,8658 \text{ gr/mol} \times 0,0031 \text{ mol} \times 1 \\ &= 0,2476 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \\ &= 7 \times 0,0031 \text{ mol} \\ &= 0,0217 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= \text{Mr NaCl} \times \text{Mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ gr/mol} \times 0,0217 \text{ mol} \\ &= 1,2659 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol KCl} &= 7 \times \text{mol CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \\ &= 7 \times 0,0031 \text{ mol} \\ &= 0,0217 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KCl} &= \text{Mr KCl} \times \text{Mol KCl} \\ &= 74,555 \text{ g/mol} \times 0,0217 \text{ mol} \\ &= 1,6178 \text{ gram} \end{aligned}$$

L.3.3 BaBi₄Ti₄O₁₅



$$\begin{aligned} \text{Mol BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} &= \frac{\text{Massa BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}}{\text{Mr BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}} \\ &= \frac{4 \text{ gram}}{1404,7166 \text{ g/mol}} \\ &= 0,0028 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa BaCO}_3 &= \text{Mr BaCO}_3 \times \text{mol BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \times 1 \\ &= 197,3359 \text{ gr/mol} \times 0,0028 \text{ mol} \times 1 \\ &= 0,5525 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Bi}_2\text{O}_3 &= \text{Mr Bi}_2\text{O}_3 \times \text{mol BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \times 1 \\ &= 465,96 \text{ gr/mol} \times 0,0028 \text{ mol} \times 1 \\ &= 1,3047 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TiO}_2 &= \text{Mr TiO}_2 \times \text{mol BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \times 1 \\ &= 79,8658 \text{ gr/mol} \times 0,0028 \text{ mol} \times 1 \\ &= 0,2236 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{mol BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \\ &= 7 \times 0,0028 \text{ mol} \\ &= 0,0196 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa NaCl} &= \text{Mr NaCl} \times \text{Mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ gr/mol} \times 0,0196 \text{ mol} \\ &= 1,1435 \text{ gr}\end{aligned}$$

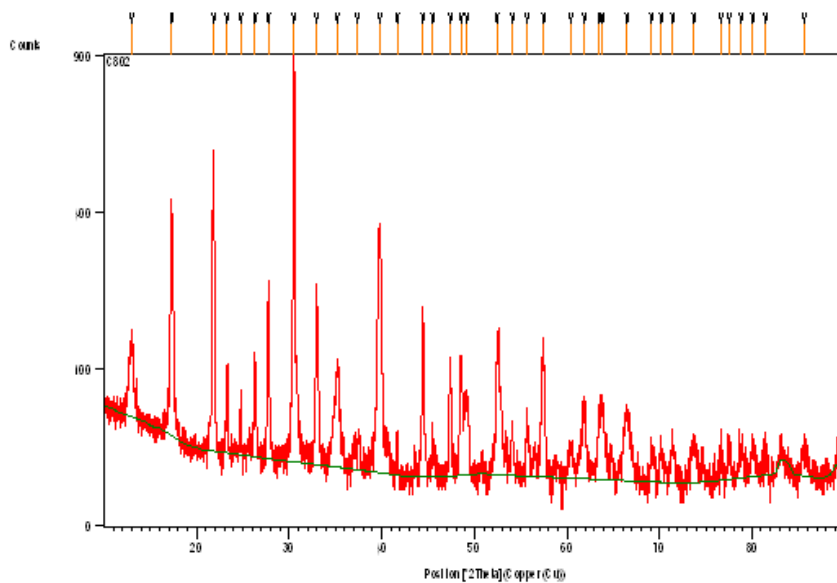
$$\begin{aligned}\text{Mol KCl} &= 7 \times \text{mol CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \\ &= 7 \times 0,0028 \text{ mol} \\ &= 0,0196 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa KCl} &= \text{Mr KCl} \times \text{Mol KCl} \\ &= 74,555 \text{ g/mol} \times 0,0196 \text{ mol} \\ &= 1,4613 \text{ gram}\end{aligned}$$

Lampiran 4. Data XRD**L.4.1 CaBi₄Ti₄O₁₅****Anchor Scan Parameters**

Dataset Name: C802
File name: E:\X'Pert Data\2023\December\05 Dec 23\C802\C802.xrdml
Sample Identification: C802
Comment: Theta (10-90)
Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=PW3071/xx Bracket
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Theta (10-90), Owner=User-1, Creation date=1/25/2018 8:59:22 AM
0.02 degpermin 46 min
Measurement Date / Time: 12/5/2023 8:16:52 AM
Operator: State Univ of Malang
Raw Data Origin: XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis: Gonio
Start Position [°2Th.]: 10.0100
End Position [°2Th.]: 89.9900
Step Size [°2Th.]: 0.0200
Scan Step Time [s]: 0.7000
Scan Type: Continuous
Offset [°2Th.]: 0.0000
Divergence Slit Type: Fixed
Divergence Slit Size [°]: 0.9570
Specimen Length [mm]: 10.00
Receiving Slit Size [mm]: 0.1000
Measurement Temperature [°C]: 25.00
Anode Material: Cu
K-Alpha1 [Å]: 1.54060
K-Alpha2 [Å]: 1.54443
K-Beta [Å]: 1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000
Generator Settings: 30 mA, 40 kV
Diffractometer Type: 0000000011063758
Diffractometer Number: 0
Goniometer Radius [mm]: 240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 91.00
Incident Beam Monochromator: No
Spinning: No

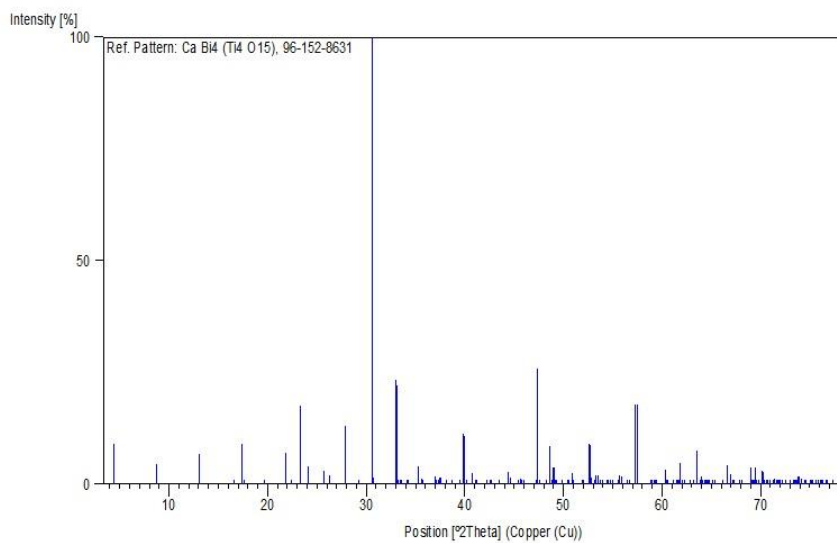
Graphics



Date: 11/06/2024 Time: 08:49:13

File: C802

User: LENOVO



Page: 1 of 1

Peak List

Pos.[°2Th.]	Height[cts]	FWHM[°2Th.]	d-spacing[Å]	Rel.Int.[%]
12.9661	93.52	0.3936	6.82796	10.46
17.3268	405.42	0.1574	5.11811	45.35
21.8209	550.95	0.1574	4.07311	61.63
23.2968	81.79	0.1181	3.81831	9.15
24.7583	45.14	0.1181	3.59613	5.05
26.3339	92.86	0.1574	3.38443	10.39
27.7485	226.83	0.1378	3.21503	25.37

30.5128	893.97	0.1771	2.92977	100.00
32.9622	222.80	0.1378	2.71744	24.92
35.2087	92.16	0.2755	2.54904	10.31
37.3367	12.80	0.6298	2.40850	1.43
39.7758	341.44	0.3542	2.26625	38.19
41.6625	26.14	0.1574	2.16789	2.92
44.4456	174.00	0.2755	2.03839	19.46
45.5184	16.80	0.2362	1.99281	1.88
47.3904	105.05	0.1181	1.91837	11.75
48.5829	100.89	0.2362	1.87404	11.29
49.1574	52.14	0.3149	1.85347	5.83
52.4385	116.41	0.1574	1.74496	13.02
54.1029	26.67	0.2362	1.69515	2.98
55.6733	34.82	0.1378	1.65100	3.89
57.4692	119.14	0.2362	1.60360	13.33
60.4307	15.30	0.3149	1.53191	1.71
61.8861	48.05	0.3936	1.49933	5.37
63.5266	43.92	0.3149	1.46452	4.91
63.8923	51.22	0.2362	1.45701	5.73
66.4914	42.13	0.4723	1.40623	4.71
69.1608	12.67	0.3149	1.35833	1.42
70.2027	19.19	0.3149	1.34070	2.15
71.4081	23.12	0.3149	1.32100	2.59
73.7564	22.60	0.4723	1.28465	2.53
76.6199	11.84	0.2362	1.24362	1.32
77.5068	20.49	0.3149	1.23159	2.29
78.8425	13.98	0.4723	1.21404	1.56
80.0783	17.94	0.3936	1.19839	2.01
81.4426	13.20	0.4723	1.18173	1.48
85.6653	12.68	0.7680	1.13303	1.42

Document History

Insert Measurement:

- File name = "C802.xrdml"
- Modification time = "12/1/2023 2:59:23 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

Default properties:

- Measurement step axis = "None"
- Internal wavelengths used from anode material: Copper (Cu)
- Original K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Used K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Original K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Used K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Original K-Beta wavelength = "1.39225"
- Used K-Beta wavelength = "1.39225"
- Dist. focus to div. slit = "91.00000"
- Irradiated length = "10.00000"
- Spinner used = "No"
- Linear detector mode = "None"
- Length linear detector = "2"
- Step axis value = "0.00000"
- Offset = "0.00000"
- Sample length = "10.00000"

- Modification time = "12/1/2023 2:59:23 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

Search Peaks:

- Minimum significance = "2.00"
- Minimum tip width = "0.01"
- Maximum tip width = "1.00"
- Peak base width = "2.00"
- Method = "Top of smoothed peak"
- Modification time = "4/17/2017 8:55:59 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

L.4.2 SrBi₄Ti₄O₁₅

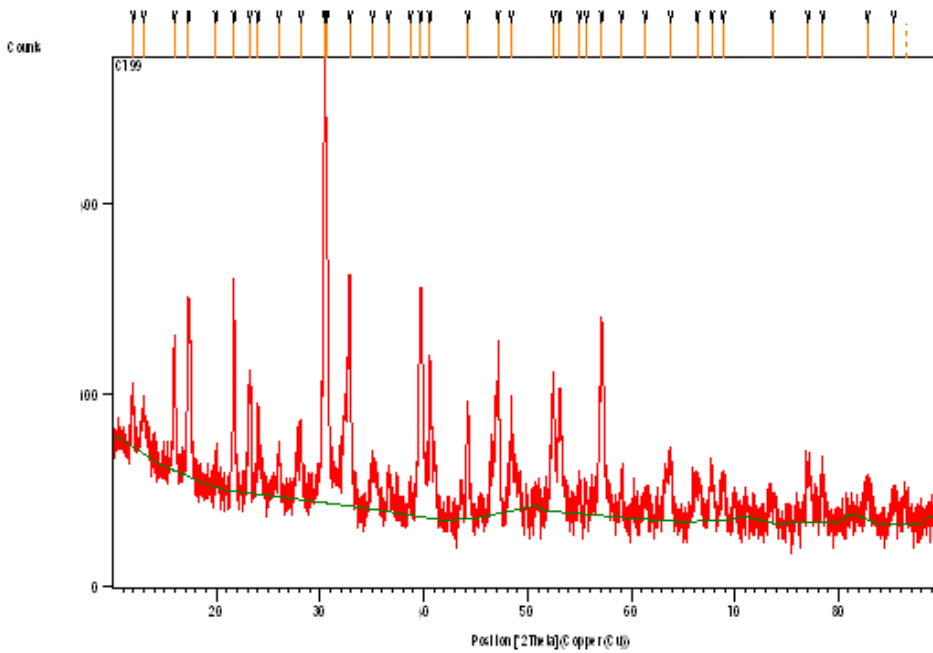
Anchor Scan Parameters

Dataset Name:	C799
File name:	E:\X'Pert Data\2023\December\04 Dec 23\C799\C799.xrdml
Sample Identification:	C799
Comment:	Theta (10-90) Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001 Sample stage=PW3071/xx Bracket Diffractometer system=XPRT-PRO Measurement program=Theta (10-90), Owner=User-1, Creation date=1/25/2018 8:59:22 AM 0.02 degpermin 46 min
Measurement Date / Time:	12/4/2023 2:03:50 PM
Operator:	State Univ of Malang
Raw Data Origin:	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis:	Gonio
Start Position [°2Th.]:	10.0100
End Position [°2Th.]:	89.9900
Step Size [°2Th.]:	0.0200
Scan Step Time [s]:	0.7000
Scan Type:	Continuous
Offset [°2Th.]:	0.0000
Divergence Slit Type:	Fixed
Divergence Slit Size [°]:	0.9570
Specimen Length [mm]:	10.00
Receiving Slit Size [mm]:	0.1000

50

Measurement Temperature [°C]: 25.00
Anode Material: Cu
K-Alpha1 [Å]: 1.54060
K-Alpha2 [Å]: 1.54443
K-Beta [Å]: 1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000
Generator Settings: 30 mA, 40 kV
Diffractometer Type: 0000000011063758
Diffractometer Number: 0
Goniometer Radius [mm]: 240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 91.00
Incident Beam Monochromator: No
Spinning: No

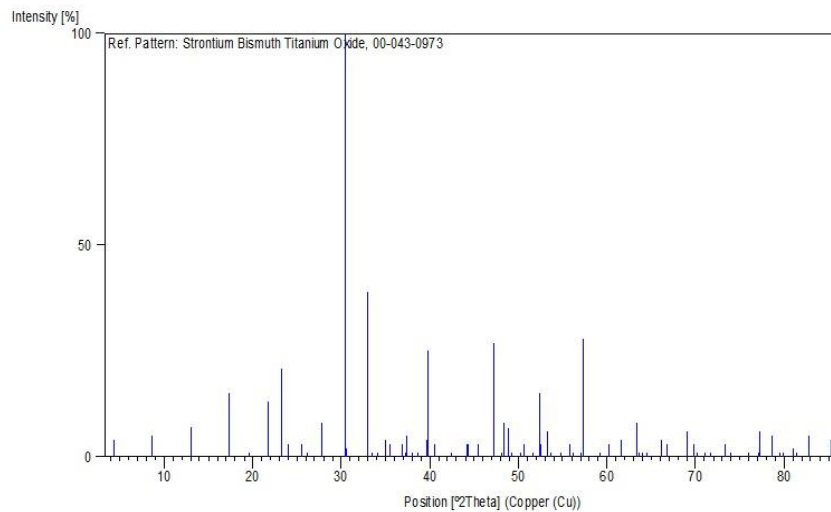
Graphics



Date: 11/06/2024 Time: 08:55:08

File: C799

User: LENOVO



Peak List

Pos.[°2Th.]	Height[cts]	FWHM[°2Th.]	d-spacing[Å]	Rel.Int.[%]
11.9441	46.52	0.1574	7.40976	6.21
12.9650	47.14	0.3149	6.82851	6.29
15.9673	109.96	0.0787	5.55069	14.67
17.3517	189.81	0.3149	5.11083	25.33
19.9909	12.71	0.4723	4.44165	1.70
21.7003	233.30	0.1378	4.09548	31.13
23.2310	96.21	0.2362	3.82898	12.84
24.0335	60.69	0.1181	3.70290	8.10
26.0165	27.72	0.1968	3.42499	3.70
28.1364	46.01	0.1574	3.17158	6.14
30.4286	749.42	0.1378	2.93768	100.00
30.6225	577.35	0.0590	2.91953	77.04
32.8483	208.81	0.1378	2.72661	27.86
35.0349	29.51	0.2362	2.56129	3.94
36.6311	18.91	0.2362	2.45326	2.52
38.6688	12.43	0.2362	2.32854	1.66
39.7348	222.30	0.2755	2.26850	29.66
40.6124	122.29	0.1968	2.22148	16.32
44.2547	63.96	0.2362	2.04673	8.54
47.1731	133.87	0.1968	1.92670	17.86
48.4318	55.10	0.1968	1.87953	7.35
52.4709	107.26	0.2755	1.74396	14.31
53.1200	90.47	0.1181	1.72417	12.07
55.0140	15.70	0.2362	1.66921	2.09
55.6431	10.85	0.2362	1.65182	1.45
57.1698	179.33	0.2755	1.61129	23.93
59.0829	19.11	0.2362	1.56360	2.55
61.3913	10.10	0.4723	1.51023	1.35
63.7618	36.21	0.2362	1.45968	4.83
66.3479	18.74	0.6298	1.40892	2.50
67.7658	24.19	0.3936	1.38285	3.23
68.8424	19.31	0.3936	1.36383	2.58
73.5974	9.41	0.6298	1.28703	1.26
77.0618	27.62	0.4723	1.23758	3.69
78.4640	21.58	0.4723	1.21895	2.88
82.7908	12.98	0.7872	1.16587	1.73
85.3319	10.67	0.5760	1.13660	1.42
86.4934	9.61	0.5760	1.12709	1.28

Document History

Insert Measurement:

- File name = "C799.xrdml"
- Modification time = "12/1/2023 2:57:30 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

Default properties:

- Measurement step axis = "None"
- Internal wavelengths used from anode material: Copper (Cu)

52

- Original K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Used K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Original K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Used K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Original K-Beta wavelength = "1.39225"
- Used K-Beta wavelength = "1.39225"
- Dist. focus to div. slit = "91.00000"
- Irradiated length = "10.00000"
- Spinner used = "No"
- Linear detector mode = "None"
- Length linear detector = "2"
- Step axis value = "0.00000"
- Offset = "0.00000"
- Sample length = "10.00000"
- Modification time = "12/1/2023 2:57:30 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

Search Peaks:

- Minimum significance = "2.00"
- Minimum tip width = "0.01"
- Maximum tip width = "1.00"
- Peak base width = "2.00"
- Method = "Top of smoothed peak"
- Modification time = "4/17/2017 8:55:59 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

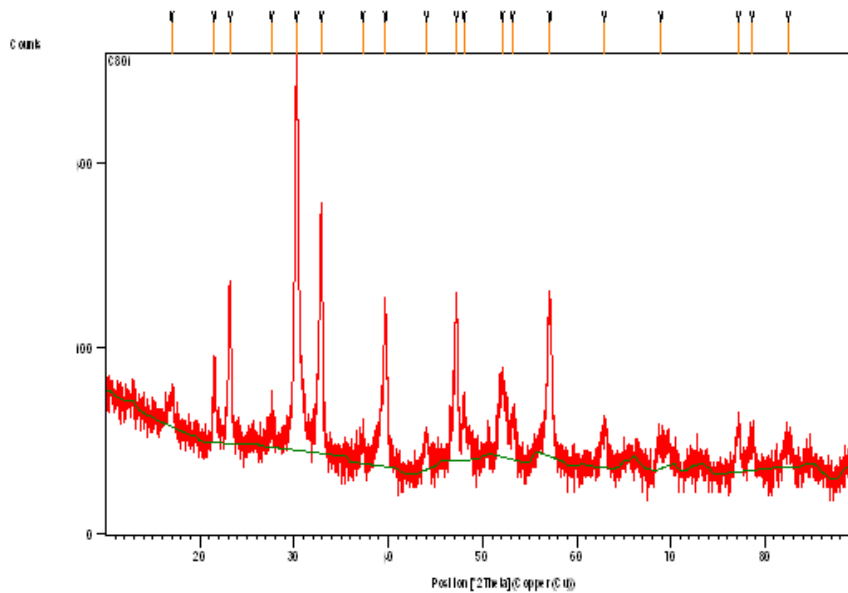
L.4.3 BaBi₄Ti₄O₁₅

Anchor Scan Parameters

Dataset Name: C801
File name: E:\X'Pert Data\2023\December\05 Dec 23\C801\C801.xrdml
Sample Identification: C801
Comment: Theta (10-90)
Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM
Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
Sample stage=PW3071/xx Bracket
Diffractometer system=XPERT-PRO
Measurement program=Theta (10-90), Owner=User-1, Creation date=1/25/2018 8:59:22 AM
0.02 degpermin 46 min
Measurement Date / Time: 12/5/2023 7:27:25 AM
Operator: State Univ of Malang
Raw Data Origin: XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis: Gonio
Start Position [°2Th.]: 10.0100
End Position [°2Th.]: 89.9900
Step Size [°2Th.]: 0.0200
Scan Step Time [s]: 0.7000
Scan Type: Continuous
Offset [°2Th.]: 0.0000
Divergence Slit Type: Fixed

Divergence Slit Size [°]: 0.9570
Specimen Length [mm]: 10.00
Receiving Slit Size [mm]: 0.1000
Measurement Temperature [°C]: 25.00
Anode Material: Cu
K-Alpha1 [Å]: 1.54060
K-Alpha2 [Å]: 1.54443
K-Beta [Å]: 1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000
Generator Settings: 30 mA, 40 kV
Diffractometer Type: 0000000011063758
Diffractometer Number: 0
Goniometer Radius [mm]: 240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 91.00
Incident Beam Monochromator: No
Spinning: No

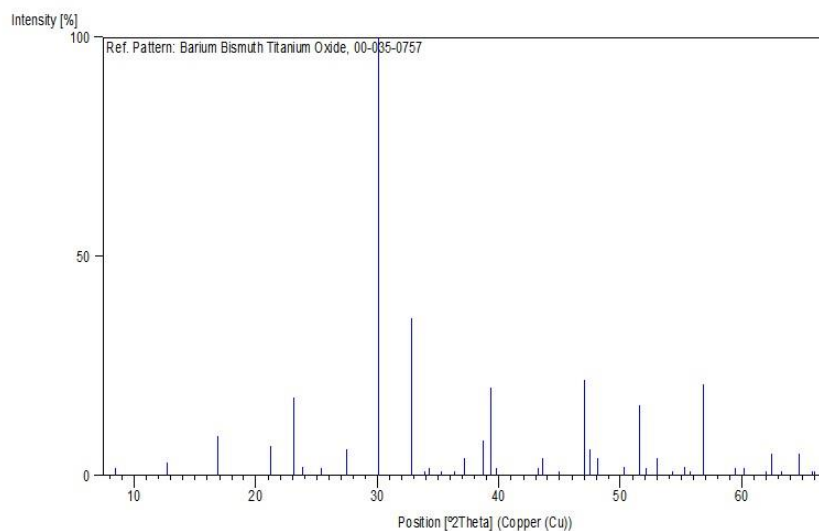
Graphics



Date: 11/08/2024 Time: 08:56:47

File: C801

User: LENOVO



Peak List

Pos.[°2Th.]	Height[cts]	FWHM[°2Th.]	d-spacing[Å]	Rel.Int.[%]
16.9822	22.55	0.7872	5.22118	3.71
21.5352	55.76	0.1968	4.12649	9.18
23.1999	159.45	0.1574	3.83404	26.25
27.6013	20.54	0.4723	3.23184	3.38
30.2669	607.49	0.1574	2.95302	100.00
32.8539	282.01	0.3149	2.72615	46.42
37.2894	14.75	0.3149	2.41145	2.43
39.6832	143.95	0.2362	2.27133	23.70
44.0238	17.01	0.4723	2.05693	2.80
47.2168	144.58	0.3149	1.92502	23.80
48.0335	28.47	0.3149	1.89418	4.69
52.0735	50.59	0.6298	1.75633	8.33
53.2031	22.92	0.4723	1.72168	3.77
57.1576	149.64	0.1968	1.61160	24.63
62.9324	19.18	0.6298	1.47690	3.16
68.9499	14.14	0.4723	1.36197	2.33
77.1767	20.80	0.3936	1.23603	3.42
78.5757	16.12	0.4723	1.21749	2.65
82.4864	13.39	0.9600	1.16844	2.20

Document History

Insert Measurement:

- File name = "C801.xrdml"
- Modification time = "12/1/2023 2:58:52 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

Default properties:

- Measurement step axis = "None"
- Internal wavelengths used from anode material: Copper (Cu)
- Original K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Used K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Original K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Used K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Original K-Beta wavelength = "1.39225"
- Used K-Beta wavelength = "1.39225"
- Dist. focus to div. slit = "91.00000"
- Irradiated length = "10.00000"
- Spinner used = "No"
- Linear detector mode = "None"
- Length linear detector = "2"
- Step axis value = "0.00000"
- Offset = "0.00000"
- Sample length = "10.00000"
- Modification time = "12/1/2023 2:58:52 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

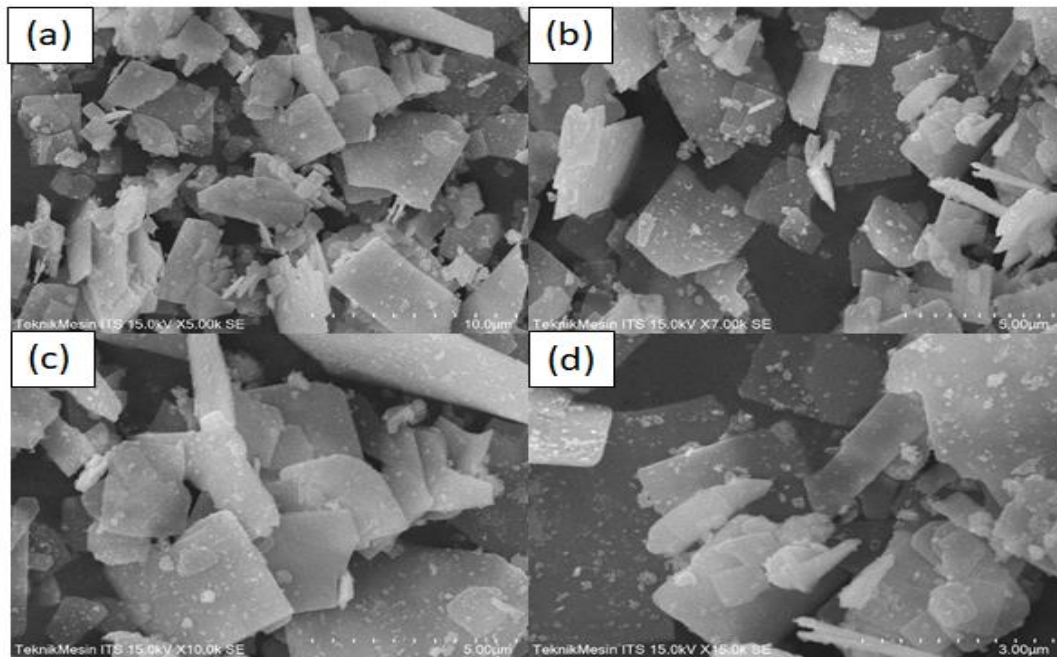
Search Peaks:

- Minimum significance = "2.00"

- Minimum tip width = "0.01"
- Maximum tip width = "1.00"
- Peak base width = "2.00"
- Method = "Top of smoothed peak"
- Modification time = "4/17/2017 8:55:59 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

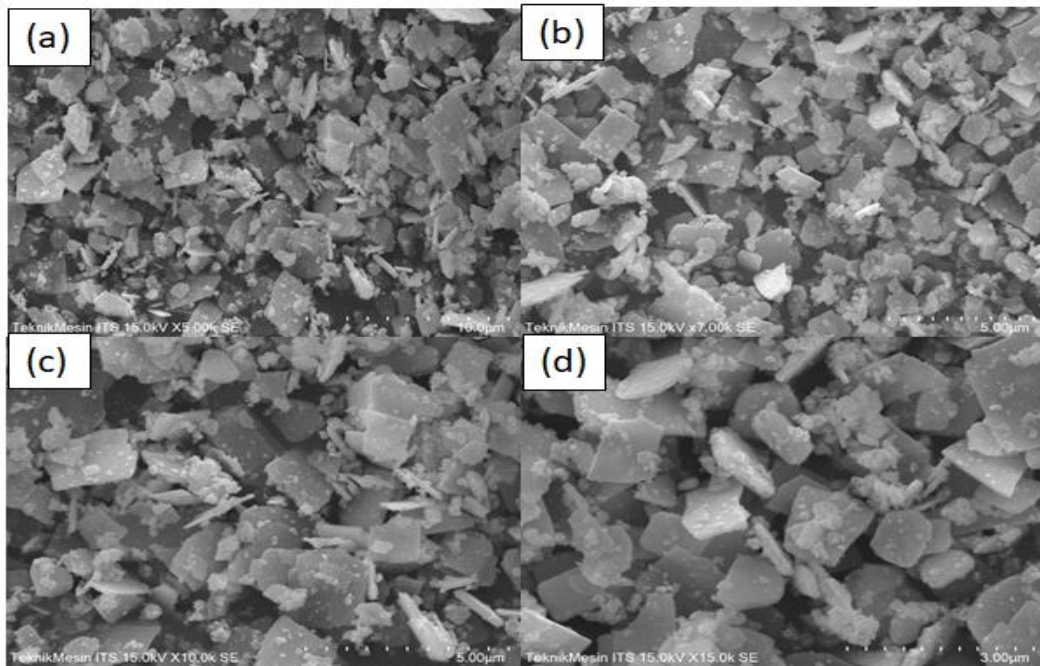
Lampiran 5 Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM

L.5.1 $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$



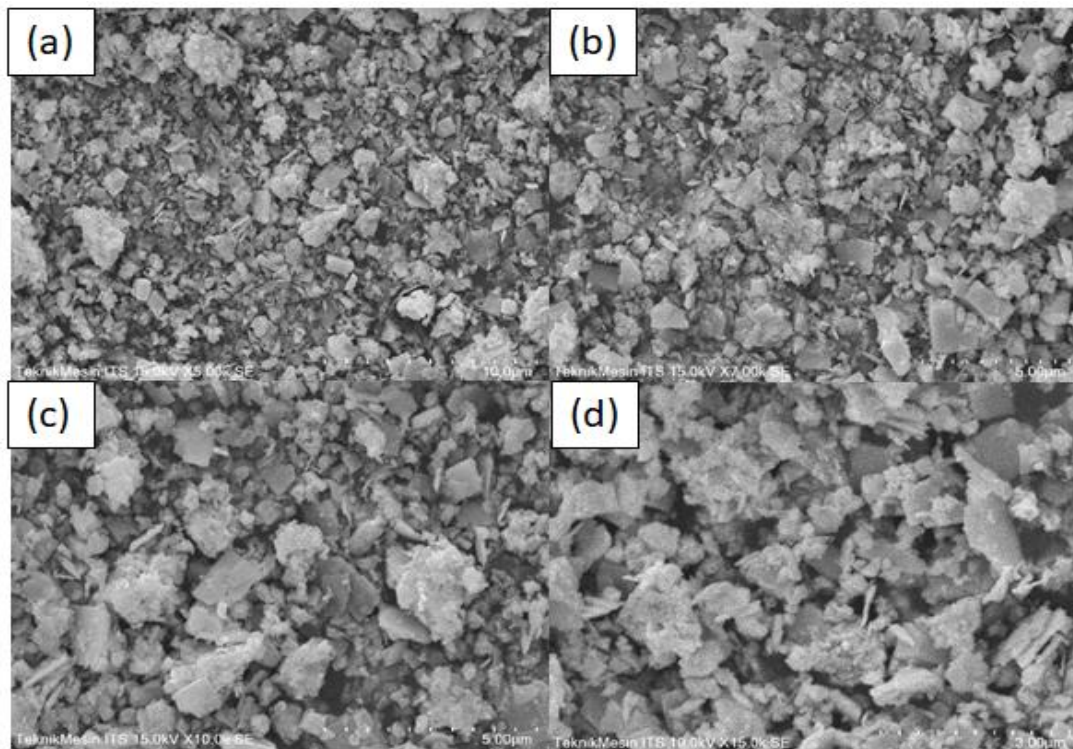
Gambar L.5.1 Morfologi $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ pada perbesaran (a) 5000x, (b) 7000x, (c) 10.000x, (d) 15.000x

L.5.2 $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

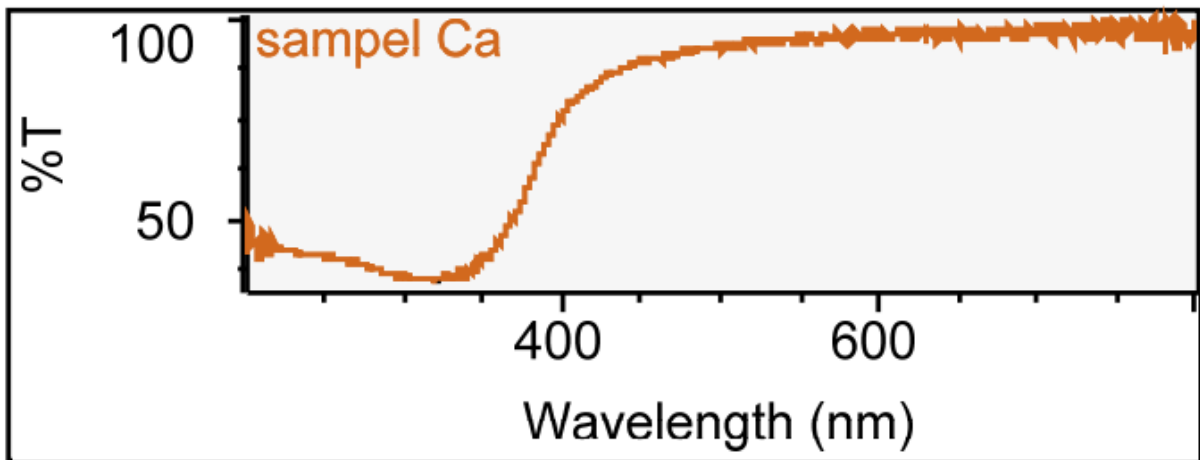
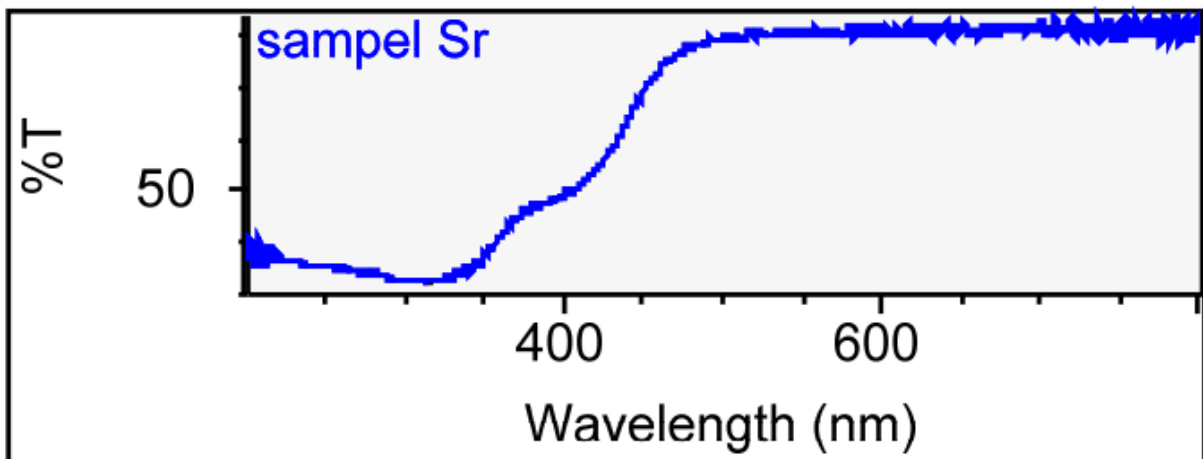


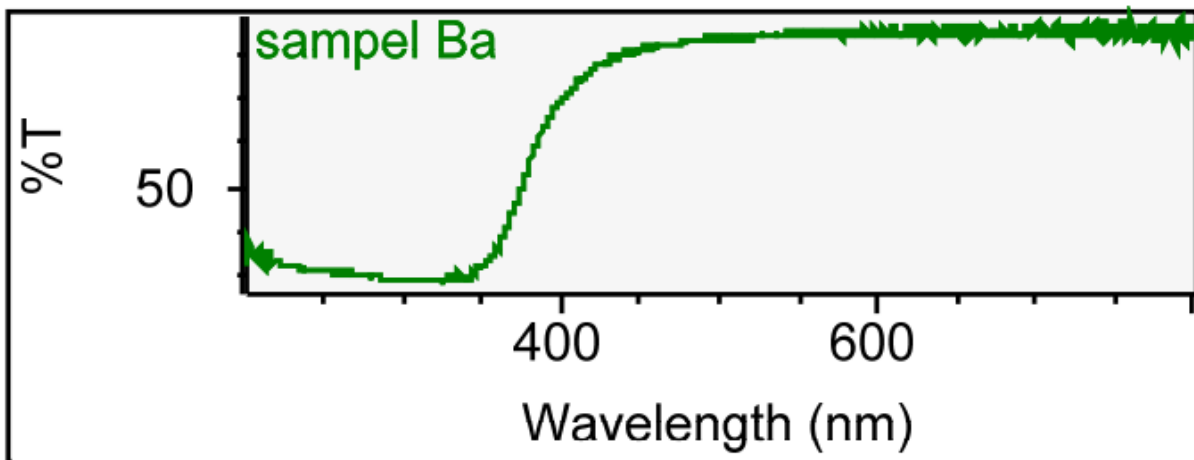
Gambar L.5.2 Morfologi SrBi₄Ti₄O₁₅ pada perbesaran (a) 5000x, (b) 7000x, (c) 10.000x, (d) 15.000x

L.5.3 BaBi₄Ti₄O₁₅



Gambar L.5.3 Morfologi BaBi₄Ti₄O₁₅ pada perbesaran (a) 5000x, (b) 7000x, (c) 10.000x, (d) 15.000x

Lampiran 6 Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS**L.6.1 $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$** **Gambar L.6.1** Spektra DRS $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ **L.6.2 $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$** **Gambar L.6.2** Spektra DRS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

L.6.3 BaBi₄Ti₄O₁₅

Gambar L.6.3 Spektra DRS energi celah pita BaBi₄Ti₄O₁₅

Lampiran 7. Perhitungan konsentrasi, % adsorpsi, dan % degradasi material $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba)

Keterangan :

t = Waktu

C_n = Konsentrasi pada menit ke n

L.7.1 Uji Kestabilan Larutan *Ciprofloxacin*

Persamaan regresi linier

$$Y = 0,1022x - 0,0114$$

Absorbansi

Kondisi gelap t = 0 menit = 0,858

t = 60 menit = 0,802

Kondisi terang, t = 0 menit = 0,815

t = 60 menit = 0,787

a. Tanpa Lampu UV

0 menit → $Y = 0,1022x - 0,0114$

$$0,858 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 9,510$$

60 menit → $Y = 0,1022x - 0,0114$

$$0,802 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 7,958$$

b. Paparan Lampu UV

$$Y = 0,1022x - 0,0114$$

0 menit → $Y = 0,1022x - 0,0114$

$$0,815 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 8,086$$

60 menit → $Y = 0,1022x - 0,0114$

$$0,787 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 7,81$$

L.7.2 Uji Adsorpsi $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) Terhadap Larutan *Ciprofloxacin*

Persamaan regresi linier

$$Y = 0,1022x - 0,0114$$

Absorbansi

$$CaBi_2Ta_2O_9 \quad t = 0 \text{ menit} \quad = 0,504$$

$$t = 30 \text{ menit} \quad = 0,366$$

$$SrBi_2Ta_2O_9, \quad t = 0 \text{ menit} \quad = 0,488$$

$$t = 30 \text{ menit} \quad = 0,314$$

$$BaBi_2Ta_2O_9, \quad t = 0 \text{ menit} \quad = 0,503$$

$$t = 60 \text{ menit} \quad = 0,368$$

a. $CaBi_4Ti_4O_{15}$

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,765 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 5,41$$

$$30 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,616 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 4,91$$

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{5,41 - 4,91}{5,41} \times 100\%$$

$$= 9,24\%$$

b. $SrBi_4Ti_4O_{15}$

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,777 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 8,718$$

$$30 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,606 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 7,045$$

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{8,718 - 7,045}{8,718} \times 100\%$$

$$= 19,19\%$$

c. BaBi₄Ti₄O₁₅

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,771 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 8,659$$

$$30 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

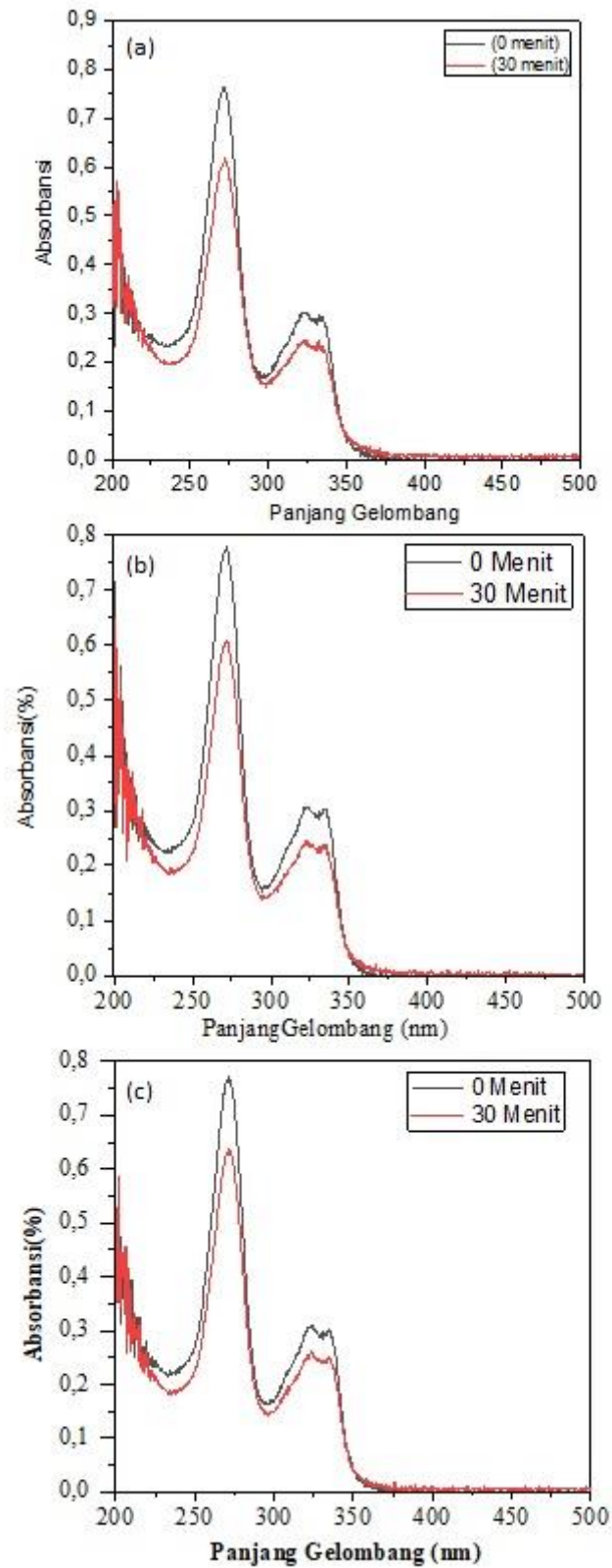
$$0,636 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 7,338$$

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{8,659 - 7,338}{8,659} \times 100\%$$

$$= 15,25\%$$



Gambar L.7.4 Spektra absorbansi uji Adsorpsi senyawa $ABi_4Ti_4O_{15}$ ($A=Ca, Sr, Ba$)

L.7.3 Uji Degradasi $ABi_4Ti_4O_{15}$ (A=Ca, Sr, Ba) Terhadap Larutan *Ciprofloxacin* Menggunakan Lampu UV

Persamaan regresi linier

$$Y = 0,1022x - 0,0114$$

a. $CaBi_4Ti_4O_{15}$

Absorbansi

$CaBi_2Ta_2O_9$	Ulangan 1	t = 0 menit	= 0,789
		t = 90 menit	= 0,557
	Ulangan 2	t = 0 menit	= 0,755
		t = 90 menit	= 0,539
	Ulangan 3	t = 0 menit	= 0,782
		t = 90 menit	= 0,524

Ulangan 1

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,789 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 6,60$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,557 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 4,33$$

$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{6,60 - 4,33}{6,60} \times 100\% \\ &= 34,39\% \end{aligned}$$

Ulangan 2

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,755 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 6,27$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,539 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 4,15$$

$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{6,27 - 4,15}{6,27} \times 100\% \\ &= 33,81\% \end{aligned}$$

Ulangan 3

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,782 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 6,53$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,524 = 0,1022x - 0,0114$$

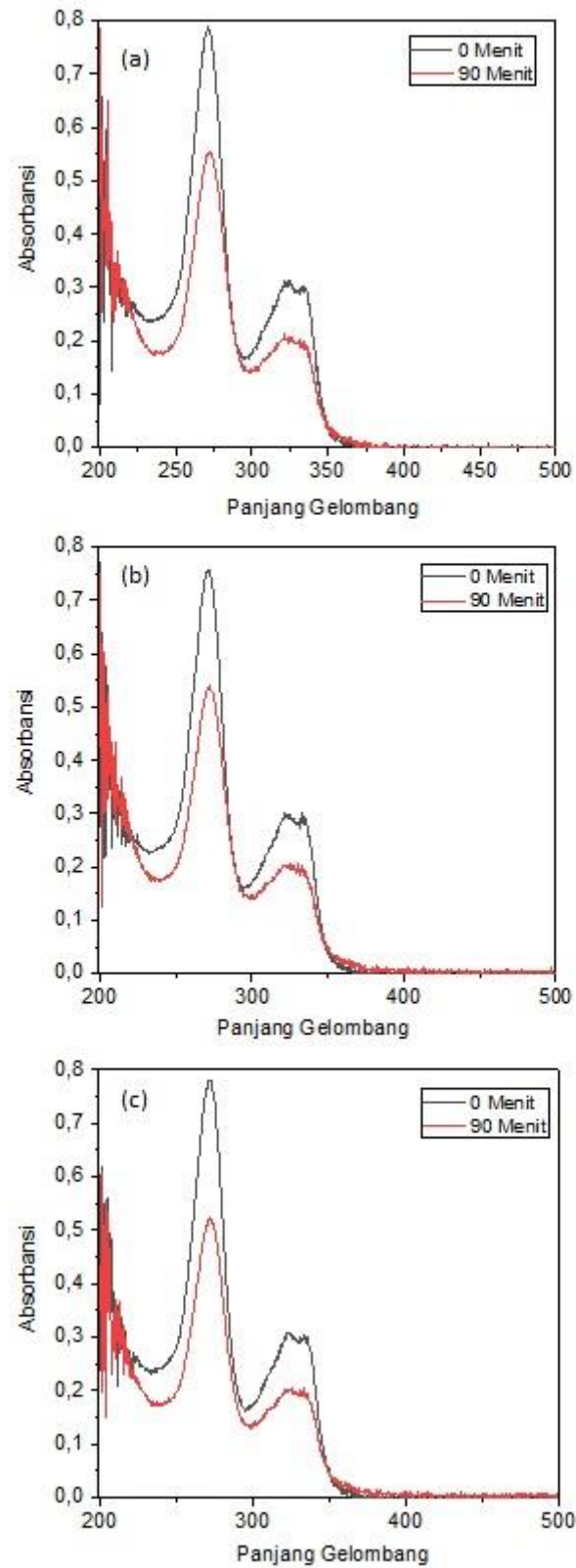
$$x = 4,011$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{6,53 - 4,011}{6,53} \times 100\%$$

$$= 38,59\%$$

$$\% \text{ degradasi rata - rata} = \frac{34,39 + 33,81 + 38,59}{3} = 35,59\%$$



Gambar L.7.2 Spektra absorbansi uji degradasi senyawa $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

b. SrBi₄Ti₄O₁₅

Absorbansi

SrBi ₄ Ti ₄ O ₁₅	Ulangan 1	t = 0 menit	= 0,774
		t = 90 menit	= 0,595
	Ulangan 2	t = 0 menit	= 0,743
		t = 90 menit	= 0,569
	Ulangan 3	t = 0 menit	= 0,772
		t = 90 menit	= 0,569

Ulangan 1

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,774 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 6,457$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,595 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 4,41$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{6,457 - 4,41}{6,457} \times 100\%$$

$$= 31,702\%$$

Ulangan 2

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,743 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 7,38$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,569 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 4,45$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{7,38 - 4,45}{7,38} \times 100\%$$

$$= 39,70\%$$

Ulangan 3

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

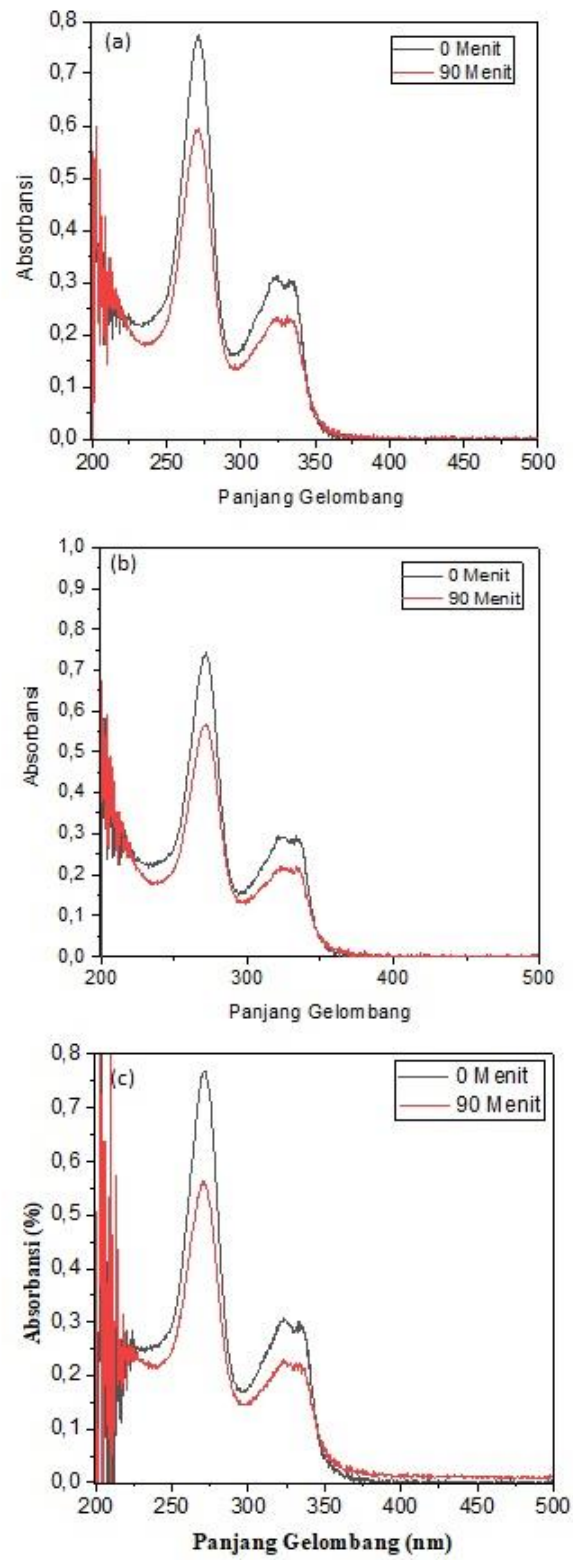
$$0,772 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 7,66$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,569 = 0,1022x - 0,0114$$

$$\begin{aligned}x &= 5,67 \\ \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{7,66 - 5,67}{7,66} \times 100\% \\ &= 25,97\% \\ \% \text{ degradasi rata - rata} &= \frac{31,70 + 39,70 + 25,97}{3} = 32,45\%\end{aligned}$$



Gambar L.7.3 Spektra absorbansi uji degradasi senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

c. BaBi₄Ti₄O₁₅

Absorbansi

BaBi ₄ Ti ₄ O ₁₅	Ulangan 1	t = 0 menit	= 0,764
		t = 90 menit	= 0,646
	Ulangan 2	t = 0 menit	= 0,786
		t = 90 menit	= 0,657
	Ulangan 3	t = 0 menit	= 0,756
		t = 90 menit	= 0,493

Ulangan 1

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,764 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 6,06$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,646 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 4,91$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{6,06 - 4,91}{6,06} \times 100\%$$

$$= 18,97\%$$

Ulangan 2

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,786 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 6,57$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,657 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 5,01$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{6,57 - 5,01}{6,57} \times 100\%$$

$$= 23,74\%$$

Ulangan 3

$$0 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

$$0,756 = 0,1022x - 0,0114$$

$$x = 5,98$$

$$90 \text{ menit} \rightarrow Y = 0,1022x - 0,0114$$

70

$$0,493 = 0,1022x - 0,0114$$

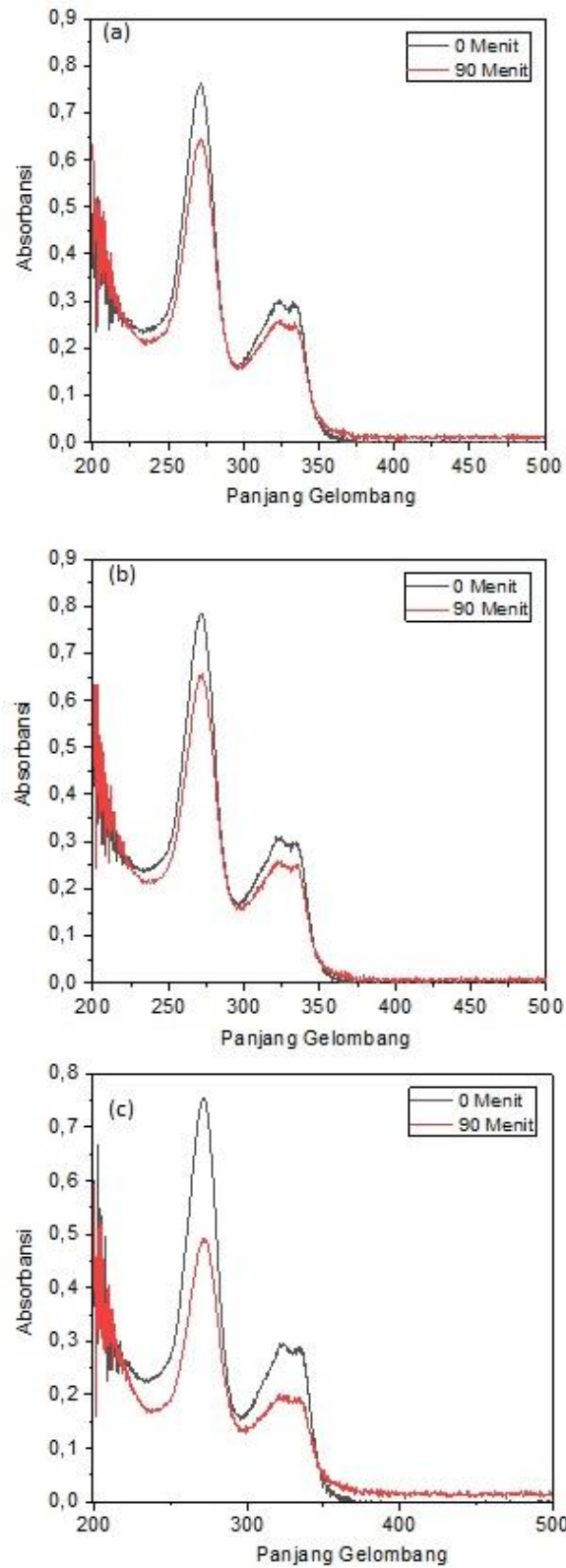
$$x = 3,41$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_{30}}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{5,98 - 3,41}{5,98} \times 100\%$$

$$= 42,97 \%$$

$$\% \text{ degradasi rata - rata} = \frac{18,97 + 23,74 + 42,97}{3} = 28,56\%$$



Gambar L.7.4 Spektra absorbansi uji degradasi senyawa $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$

Lampiran 9. Dokumentasi



Gambar L.9.1 Proses penggerusan sampel



Gambar L.9.2 Sampel setelah dikalsinasi



Gambar L.9.3 Proses penyaringan sampel



Gambar L.9.4 Uji aktivitas fotokatalitik di dalam fotoreaktor dengan lampu UV



Gambar L.9.5 Proses penyaringan larutan hasil fotodegradasi

