

**SINTESIS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) dengan METODE
LELEHAN GARAM TUNGGAL KCI**

SKRIPSI

**Oleh:
PUSPA SARI
NIM. 17630053**



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

**SINTESIS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) dengan METODE
LELEHAN GARAM TUNGGAL KCl**

SKRIPSI

**Oleh:
PUSPA SARI
NIM. 17630053**

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

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

**SINTESIS SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) dengan METODE
LELEHAN GARAM TUNGGAL KCl**

SKRIPSI

**Oleh:
PUSPA SARI
NIM. 17630053**

**Telah diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 21 Desember 2021**

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Rifatul Mahmudah, M.Si
NIDT. 19830125 20160801 2 068**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



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

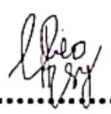
**SINTESIS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) dengan METODE
LELEHAN GARAM TUNGGAL KCI**


SKRIPSI

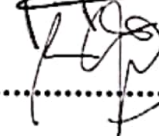
**Oleh :
PUSPA SARI
NIM. 17630053**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 21 Desember 2021**

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

**Ketua Penguji : Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si
NIP. 19831226 201903 2 008**  (.....)

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

**Anggota Penguji : Rif'atul Mahmudah, M.Si
NIDT. 19830125 20160801 2 068**  (.....)

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



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

PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Puspa Sari
NIM : 17630053
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) dengan Metode Lelehan Garam Tunggal KCl

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

Malang, 14 November 2021
Yang membuat pernyataan



Puspa Sari
NIM. 17630053

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan kelancaran dalam penelitian maupun penyusunan naskah skripsi. Pertama, saya persembahkan skripsi ini kepada Ibu saya Mutmainnah dan Bapak saya tercinta Mahfud yang telah berjuang mati-matian agar saya dapat menyelesaikan perkuliahan sampai mendapat gelar S.Si. Kedua, saya juga ingin berterimakasih kepada kakak saya Nur Hamidah beserta sanak keluarga yang lain dan tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Saya juga ucapkan banyak-banyak terimakasih kepada dosen pembimbing saya Bapak Dr. Anton Prasetyo M.Si dan Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si yang telah memberikan arahan serta bimbingan yang begitu luar biasa sehingga naskah ini menjadi sangat baik.

Terimakasih juga kepada teman senasib seperjuangan saya Suci Noerfaiqotul Himmah sebagai teman bertukar pikiran, teman di laboratorium, teman sambat dan segalanya.

Skripsi ini juga saya persembahkan untuk sahabat-sahabat saya Raniqul Isfahani, Erlina Novita Sari, dan Mirthawati Bella Putri yang selalu memberikan motivasi, dukungan serta semangat ketika saya sedang jenuh dalam pengerjaan skripsi.

Terimakasih juga untuk teman-teman Kimia, kakak-kakak tingkat yang juga telah membantu dan tidak bisa saya sebutkan satu persatu

Dan yang terakhir saya persembahkan skripsi ini untuk orang yang selalu menanyakan "kamu kapan sih lulusnya ?"

MOTTO

“Impikan, harapkan, dan wujudkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi ini dengan baik. Selawat serta salam semoga tetap tercurah limpahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan petunjuk keselamatan manusia di muka bumi. Dalam penyusunan naskah skripsi ini penulis telah mendapat banyak bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua beserta keluarga yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan skripsi.
2. Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah sangat sabar dalam memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi dalam penelitian maupun penulisan naskah skripsi.
3. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyelesaian naskah skripsi.
4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku penguji I yang telah memberikan arahan serta perbaikan dalam naskah skripsi
5. Ibu Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si selaku penguji II yang telah memberikan arahan serta perbaikan dalam naskah skripsi
6. Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang Bapak Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A.
7. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Ibu Dr. Sri Harini, M.Si.
8. Ketua Program Studi Kimia Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si.

9. Seluruh dosen Program Studi Kimia yang telah memberikan ilmu pengetahuannya.
10. Suci Noerfaiqotul Himmah sebagai teman penelitian, teman senasib dan seperjuangan.
11. Raniqul isfahani, Erlina Novita Sari, dan Mirthawati Bella Putri sebagai sahabat yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi.
12. Seluruh warga Kimia angkatan 2017 terutama Kimia-B'17 “Bar-Bar Chemistry” sebagai teman senasib seperjuangan dalam memperoleh Gelar S.Si.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan.

Malang, 14 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR PERSAMAAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan	7
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	8
2.2 Senyawa Aurivillius sebagai Fotokatalis	10
2.2.1 Senyawa Aurivillius Lapis Empat $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ sebagai Fotokatalis	12
2.3 Strategi Pendopongan untuk Menurunkan Energi Celah Pita Material Fotokatalis	13
2.4 Pengaruh Morfologi Partikel pada Aktivitas Fotokatalis	16
2.5 Metode Sintesis Lelehan Garam	17
2.6 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam	18
2.7 Pengolahan Pencemaran Lingkungan dalam Perspektif Islam	20
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Rancangan Penelitian	22
3.4 Prosedur Kerja	23
3.4.1 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam	23

3.4.2 Karakterisasi SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan Instrumen XRD	24
3.4.3 Karakterisasi SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan Instrumen SEM	24
3.4.4 Karakterisasi SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan Instrumen UV-Vis DRS	24
3.5 Analisis Data	25
3.5.1 Analisis Data XRD	25
3.5.2 Analisis Data SEM	25
3.5.3 Analisis Data UV-Vis DRS	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) dengan Metode Lelehan Garam	27
4.2 Karakterisasi dan Analisis SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan XRD	28
4.2.1 Refinement Data XRD SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15).....	31
4.3 Karakterisasi dan Analisis SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan SEM	33
4.4 Karakterisasi dan Analisis SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan UV-Vis DRS	34
4.5 Sintesis SrBi ₄ Ti _{4-x} V _x O ₁₅ sebagai Bagian dari Upaya dalam Pengolahan Limbah Cair	37

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40

DAFTAR PUSTAKA	41
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	49
-----------------------	-----------

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir	49
Lampiran 2 Perhitungan	51
Lampiran 3 Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD	54
Lampiran 4 Contoh Perhitungan <i>Crystallite Size</i>	64
Lampiran 5 Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM.....	65
Lampiran 6 Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-Vis DRS	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur kristal $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	10
Gambar 2.2	Ilustrasi prinsip fotokatalis	11
Gambar 2.3	Diagram tingkat energi celah pita $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	12
Gambar 2.4	Pemisahan elektron dan <i>hole</i> pada $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$	13
Gambar 2.5	Mekanisme penurunan energi celah pita TiO_2	14
Gambar 2.6	Perkiraan nilai energi celah pita senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping vanadium.....	14
Gambar 2.7	Ilustrasi pita valensi dan pita konduksi $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping vanadium.....	15
Gambar 2.8	Spektra DRS dari $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,05; 0,1; 0,15; \text{ dan } 0,2$)..	15
Gambar 2.9	Pengaruh morfologi TiO_2 dalam mendegradasi MB.....	16
Gambar 2.10	Mekanisme sintesis menggunakan metode lelehan garam.....	17
Gambar 2.11	Proses pembentukan produk menggunakan metode lelehan garam.....	18
Gambar 2.12	Pola difraksi sinar-X pada $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ menggunakan garam NaCl , Na_2SO_4 , KCl , dan K_2SO_4	19
Gambar 2.13	Hasil karakterisasi SEM senyawa produk yang disintesis menggunakan garam (a) NaCl , (b) Na_2SO_4 , (c) KCl , dan (d) K_2SO_4	20
Gambar 2.14	Hasil karakterisasi SEM senyawa produk yang disintesis menggunakan garam KCl dengan rasio garam terhadap oksida (a) 0,5:1, (b) 0,75:1, dan (c) 1,5:1	20
Gambar 4.1	Perubahan warna sampel $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$) (a) sebelum dikalsinasi, (b) setelah dikalsinasi suhu 820°C , dan (c) setelah dikeringkan	28
Gambar 4.2	Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$)	30
Gambar 4.3	<i>Crystallite size</i> rata-rata $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x=0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$)	30
Gambar 4.4	Plot refinement $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$)	31
Gambar 4.5	Mikrograf SEM $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ pada perbesaran 3000x dengan (a) $x= 0$; (b) $x= 0,05$; (c) $x= 0,1$; dan (d) $x= 0,15$	34
Gambar 4.6	Spektra UV-Vis DRS hubungan antara % reflektansi dengan panjang gelombang senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$)	35
Gambar 4.7	Spektra UV-Vis DRS hubungan antara $(F(R)h\nu)^{1/2}$ dengan energi celah pita senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$).....	36
Gambar L.3.1	Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0$).....	54
Gambar L.3.2	Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,05$).....	55
Gambar L.3.3	Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,1$).....	57
Gambar L.3.4	Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,15$).....	58
Gambar L.3.5.1	Plot refinement $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0$).....	60
Gambar L.3.5.2	Plot refinement $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,05$).....	61
Gambar L.3.5.3	Plot refinement $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,1$).....	62
Gambar L.3.5.4	Plot refinement $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,15$).....	63

Gambar L.5	Mikrograf SEM pada perbesaran 7000x dan 15000x pada $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ dengan (a) $x=0$; (b) $x=0,05$; (c) $x=0,1$; dan (d) $x=0,15$	65
Gambar L.6.1	Spektrum DRS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x=0$)	66
Gambar L.6.2	Spektrum DRS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x=0,05$)	66
Gambar L.6.3	Spektrum DRS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x=1$)	67
Gambar L.6.4	Spektrum DRS $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x=0,5$)	67

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Massa prekursor hasil perhitungan	24
Tabel 4.1	<i>Crystallite size</i> rata-rata material $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1;$ dan $0,15$).....	31
Tabel 4.2	Data kristalografi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1;$ dan $0,15$).....	33
Tabel 4.3	Nilai energi celah pita dan panjang gelombang $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1;$ dan $0,15$)	37
Tabel L.3.1	Puncak-puncak difraksi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0$).....	54
Tabel L.3.2	Puncak-puncak difraksi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,05$).....	56
Tabel L.3.3	Puncak-puncak difraksi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,1$).....	57
Tabel L.3.4	Puncak-puncak difraksi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,15$).....	59

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1 Debye-Scherrer	25
Persamaan 3.2 Kubelka Munk	26

ABSTRAK

Sari, P. 2021. **Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) dengan Metode Lelehan Garam Tunggal KCl**. Skripsi. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Pembimbing II: Rif'atul Mahmudah, M.Si

Kata Kunci: *Energi celah pita, fotokatalis, metode lelehan garam, $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$*

$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ adalah senyawa Aurivillius lapis empat yang berpotensi sebagai material fotokatalis dengan energi celah pita sebesar 3,0 eV ($\lambda = 413 \text{ nm}$). Untuk memperluas fungsi kerjanya pada daerah sinar tampak maka dapat dilakukan pendopingan dengan logam yang salah satunya adalah vanadium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur, morfologi, dan energi celah pita dari $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) yang disintesis menggunakan metode lelehan garam tunggal KCl. Difraktogram sampel menunjukkan bahwa senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) berhasil disintesis dan tidak ditemukan senyawa pengotor. Mikrograf SEM menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis memiliki morfologi *plate-like* dan penambahan dopan vanadium dapat menurunkan derajat aglomerasi partikel. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan Kubelka-Munk, energi celah pita $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi dopan vanadium yaitu dari 3,04 ke 2,84 eV. $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,15$) adalah senyawa hasil sintesis yang paling baik karena memiliki *crystallite size* yang rendah, morfologi yang bagus, dan energi celah pita yang paling kecil sehingga meningkatkan aktivitas fotokatalitik.

ABSTRACT

Sari, P. 2021. **Synthesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0.05; 0.1; \text{ and } 0.15$) Using Molten Salt Single KCl Method.** Thesis. Departement of Chemistry Faculty of Science and Technology Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Dr. Anton Prasetyo, M.Si; Supervisor II: Rif'atul Mahmudah, M.Si

Kata Kunci: *Band gap energy, photocatalyst, molten salt method, $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$*

$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ is four-layer Aurivillius compound which has the potential as photocatalyst material with a band gap energy of 3.0 eV ($\lambda = 413 \text{ nm}$). To expand its work function in the visible light region, is by doping with metal such as vanadium. Aim of this research is to determine the structure, morphology, and band gap energy of $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0.05; 0.1; \text{ and } 0.15$) which were synthesized using KCl single molten salt method. The diffractogram data of sampel showed that $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0.05; 0.1; \text{ and } 0.15$) compound were succesfully synthesized and no impurities were found. SEM micrographs showed that compound have a plate-like morphology and vanadium dopant could reduce the agglomeration of particle. The results of calculations using Kubelka-Munk equation, showed that the vanadium dopan influence the reduce of band gap energy of $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, from 3.04 to 2.84 eV. $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0.15$) is the excellent compound due to has a lower crystallite size, the best particle morphology, and the smallest band gap energy so it could enhance the photocatalytic activity.

مستخلص البحث

ساري، ف. ٢٠٢١. صناعية ($\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$) ($x=0$; ٠,٠٥; ٠,١; و ٠,١٥). انصهار الملح الفرد (KCl). البحث العلمي. قسم الكيمياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف ١: الدكتور أنتون فراسيتيو الماجستير، المشرفة ٢: رفعة المحمودة الماجستير.

الكلمات المفاتيح: الحيوية الثغرة الشريطة، محفز ضوئي، طريقة انصهار الملح، ($\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$).

($\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$) هو مستحضر الأوريفيليلوس الإطار الأربع الذي يحتمل مادة المحفز الضوئي بالحيوية الثغرة الشريطة ٣,٠ (eV) ($\lambda=413 \text{ nm}$). لإتساع وظيفة العمل في دائرة ضياء الباد فيستطيع ان يفعل المنشطات بالفلز الذي واحده الفاناديوم. يهدف هذا البحث لمعرفة البنية، المورفولوجيا، والحيوية الثغرة الشريطة من ($\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$) ($x=0$; ٠,٠٥; ٠,١; و ٠,١٥) التي صناعية تستخدم بطريقة انصهار الملح الفرد (KCl). يدل حيود النموذج أن مستحضر ($\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$) ($x=0$; ٠,٠٥; ٠,١; و ٠,١٥) ينجح للصناعية ولايكشف المستحضر الموسخ. تدل الصورة المجهرية (SEM) أن مستحضر حصيلة الصناعية يملك المورفولوجيا (-plate like) وزيادة الدوفان الفاناديوم تستطيع ان ينزل درجة تكثيل الذرة. تبنى على حصيلة الحساب تستخدم التساوي (Kubelka-Munk)، الحيوية الثغرة الشريطة ($\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$) تكابد التخفيض ان تزيد مع أكثر الدوفان الفاناديوم هو من ٣,٠٤ إلى ٢,٨٤ (eV). ($\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$) ($x=0,15$) هو مستحضر حصيلة الصناعية الخير لأنه يملك (*crystallite size*) الأدنى، مورفولوجيا الذرة الخير، والحيوية الثغرة الشريطة الأصغر حتى تستطيع ان ترتفع نشيطة البهوتوكاتاليتيك.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air adalah suatu kondisi yang dapat menurunkan sustainabilitas lingkungan akibat akumulasi senyawa polutan dan akan menimbulkan beberapa dampak negatif seperti gangguan pada organisme air dan pada kesehatan manusia. Allah SWT berfirman dalam Q.S al-A'raf (7):56

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

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

Shihab (2002) menyatakan bahwa ayat ini melanjutkan tuntunan ayat yang lalu yaitu: *dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi, sesudah diperbaikinya yang dilakukan oleh Allah dan atau siapapun dan berdoalah serta beribadahlah kepada-Nya dalam keadaan takut sehingga kamu lebih khusyu' dan lebih terdorong untuk mentaati-Nya dan dalam keadaan penuh harapan terhadap anugerah-Nya, termasuk pengabulan do'a kamu. Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada al-muhsinin, yakni orang-orang yang berbuat baik.* Allah melarang hamba-hambanya merusak lingkungan dan memerintahkan agar selalu memperbaikinya karena Allah SWT menciptakan alam raya dalam keadaan baik, sehingga merusak lingkungan tanpa memperbaikinya kembali merupakan perbuatan yang tercela. Oleh sebab itu, memperbaiki kerusakan lingkungan seperti pencemaran air merupakan salah satu usaha untuk menjalankan perintah

Allah. Strategi yang tepat dalam mengatasi pencemaran air adalah dengan mensintesis senyawa yang berpotensi sebagai material fotokatalis seperti $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ yang dapat bekerja untuk mendegradasi senyawa polutan organik sebagai salah satu penyebab pencemaran air menjadi senyawa yang tidak berbahaya.

$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ adalah salah satu anggota senyawa Aurivillius lapis empat. Rumus umum senyawa Aurivillius adalah $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+} (A_{n-1}B_n\text{O}_{3n+1})^{2-}$ (Hou dan Chen, 2004) yang tersusun atas lapis $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ dan lapis pseudo-perovskit $(A_{n-1}B_n\text{O}_{3n+1})^{2-}$ di sepanjang sumbu- c . Kation A merupakan kation berukuran besar dengan valensi rendah seperti Bi, Ba, Pb, Sr, Ca, K, Na, atau logam tanah jarang, sedangkan kation B adalah kation berukuran lebih kecil dengan valensi tinggi seperti Ti, Ta, Nb, W, Mo, Fe dan berada di pusat oktahedral oksigen (Do, dkk., 2009). Banyak pihak melaporkan bahwa senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ mempunyai sifat menarik diantaranya adalah sifat feroelektrik (Chu, dkk., 2005) dan fotokatalis (Tu, dkk., 2018).

Sifat fotokatalis senyawa Aurivillius telah menarik beberapa pihak untuk mengkajinya. Fotokatalis merupakan suatu reaksi kimia yang dibantu oleh katalis dan foton sebagai sumber energi. Beberapa senyawa Aurivillius yang dilaporkan berpotensi sebagai fotokatalis misalnya Bi_2WO_6 (Cao, dkk., 2015), Bi_2MoO_6 (Guo, dkk., 2018), $A\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ ($A = \text{Sr}, \text{Ba}$) (Wu, dkk., 2011), $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (Chen, dkk., 2016). Kemampuan aktivitas fotokatalis dari senyawa Aurivillius juga telah banyak dilaporkan untuk degradasi zat warna seperti *methylene blue* (MB) (Guo, dkk., 2018), *methyl orange* (Wu, dkk., 2011) dan rhodamin biru (RhB) (Alemi, dkk., 2014).

$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dilaporkan mempunyai energi celah pita sebesar 3,0 eV ($\lambda=413$ nm) sehingga hanya aktif di bawah sinar UV. Untuk memperluas peluang penggunaan $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ sebagai material fotokatalis maka energi celah pitanya harus diturunkan untuk dapat bekerja di daerah sinar tampak. Aktivitas fotokatalis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dilaporkan juga bagus dengan laju fotoreduksi CO_2 sebesar $19,8 \mu\text{mol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Hasil ini jika dibandingkan dengan beberapa material fotokatalis lain adalah lebih besar. Aktivitas fotokatalis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ yang lebih tinggi berkaitan dengan sifat feroelektriknya yang dapat memperlambat laju rekombinasi *electron-hole* (Tu, dkk., 2018).

Strategi yang banyak digunakan untuk memperbaiki energi celah pita adalah melakukan pendopongan dengan logam atau non logam (Liu, dkk., 2012). Pendopongan dapat menurunkan energi celah pita dikarenakan unsur dopan dapat menciptakan keadaan elektronik baru sehingga menggeser fungsi kerjanya ke arah sinar tampak (Daghrir, dkk., 2013). Beberapa logam yang dilaporkan dapat menurunkan energi celah pita diantaranya Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Al^{3+} , Ga^{3+} , Cr^{3+} , Co^{3+} , Ce^{3+} , Ln^{3+} , Sn^{4+} , Zr^{4+} , Nb^{5+} , Mo^{5+} , Sb^{5+} , Ta^{5+} (Liu, dkk., 2012). Wang dan Xu (2016) melakukan pendopongan TiO_2 dengan V^{5+} dan dilaporkan bahwa dopan V^{5+} sebanyak 1,2% dapat menurunkan energi celah pita TiO_2 yang semula 3,18 menjadi 2,25 eV. Hasil ini selaras dengan yang dilaporkan Ma, dkk (2014) bahwa kandungan dopan vanadium sebesar 3,0% dapat menurunkan energi celah pita TiO_2 yang semula 2,74 menjadi 1,87 eV. Fenomena ini disebabkan oleh dopan vanadium yang membentuk keadaan elektronik baru sehingga menurunkan energi celah pita. Selain itu vanadium juga telah digunakan untuk pendopongan pada material lain semisal $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (Handayani, dkk., 2019), $\text{K}_2\text{La}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ (Yang,

dkk., 2009), NaNbO_3 (Opoku, dkk., 2018), CuWO_4 (Tri, dkk., 2019), SnO_2 (Mazloom, dkk., 2015), ZrO_2 (Wahba dan Yakout, 2019), ZnO (Salah, dkk., 2016).

Pendopongan untuk menurunkan energi celah pita senyawa Aurivillius juga telah dilaporkan beberapa pihak. Liu, dkk (2017) melaporkan $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{-}_x\text{Fe}_{1+x}\text{O}_{15}$ terdoping Fe ($x= 0,6$) secara signifikan dapat menurunkan energi celah pita dari 2,59 menjadi 1,82 eV dan mampu mendegradasi RhB sebesar 95% dan ini lebih besar dibandingkan dengan material murni yang hanya dapat mendegradasi kurang dari 65%. Selain itu, Handayani, dkk (2019) melakukan sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ didoping vanadium ($x= 0,05; 0,1; 0,15; \text{ dan } 0,2$), dan dilaporkan bahwa vanadium mampu menurunkan energi celah pita dari 3,1 menjadi 2,71 eV namun dalam senyawa tersebut masih ditemukan pengotor yang meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi dopan. Sementara, Sun, dkk (2019) melakukan sintesis $\text{Bi}_5\text{FeTi}_3\text{O}_{15}$ yang didoping Eu pada *A-site* dan Ni pada *B-site* dan dilaporkan bahwa energi celah pita mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi kedua dopan tersebut. Penggunaan doping Eu ($x= 0; 0,1; 0,3; \text{ dan } 0,5$) dapat menurunkan energi celah pita senyawa $\text{Bi}_5\text{FeTi}_3\text{O}_{15}$ yaitu (a) pada $x= 0$ mempunyai energi celah pita 2,19 eV, (b) pada $x= 0,1$ mempunyai energi celah pita 2,18 eV, (c) pada $x= 0,3$ mempunyai energi celah pita 2,17 eV, dan (d) pada $x= 0,5$ mempunyai energi celah pita 2,16 eV. Mereka juga melaporkan bahwa penurunan energi celah pita pada doping Eu tidak signifikan jika dibandingkan dengan doping Ni yang konsentrasinya lebih rendah ($x= 0; 0,05; 0,1; 0,15; \text{ dan } 0,2$) dapat menurunkan energi celah pita senyawa $\text{Bi}_5\text{FeTi}_3\text{O}_{15}$ yaitu (a) pada $x= 0$ mempunyai energi celah pita 2,21 eV, (b) pada $x= 0,05$

mempunyai energi celah pita 2,20 eV, (c) pada $x= 0,1$ mempunyai energi celah pita 2,19 eV, (d) pada $x= 0,15$ mempunyai energi celah pita 2,17 eV, dan (e) pada $x= 0,2$ mempunyai energi celah pita 2,14 eV.

Aktivitas fotokatalitik suatu material fotokatalis dipengaruhi beberapa faktor dan salah satunya adalah morfologi partikel (Long, dkk., 2020). Li, dkk (2009) melaporkan bahwa BiVO_4 dengan morfologi *flower-like* memiliki absorpsi optik yang lebih tinggi di daerah sinar tampak dibandingkan *cuboid-like* dan *plate-like*. Lu, dkk (2011) juga melaporkan bahwa nanopartikel ZnO *flower-like* menunjukkan pergeseran serapan sinar ke panjang gelombang yang lebih besar (> 390 nm). Hal ini dikarenakan morfologi *flower-like* terdiri dari kumpulan *nanosheet* dengan permukaan halus yang dapat memfasilitasi difusi refleksi cahaya dan migrasi pasangan *electron-hole* terfotogenerasi, sehingga menghasilkan aktivitas fotokatalitik yang lebih baik (Zhang, dkk., 2020). Berdasarkan hal tersebut, maka sintesis material fotokatalis dengan morfologi yang khas menjadi penting dilakukan sebagai usaha untuk meningkatkan kemampuan aktivitas fotokatalitiknya.

Metode sintesis yang dilaporkan dapat menghasilkan partikel dengan morfologi yang khas adalah hidrotermal dan lelehan garam. Metode lelehan garam adalah salah satu metode pembuatan serbuk keramik yang melibatkan penggunaan lelehan garam sebagai media untuk preparasi kompleks oksida dari material penyusunnya (oksida dan karbonat). Garam dengan titik leleh yang rendah ditambahkan ke reaktan dan dipanaskan di atas titik leleh garam sehingga lelehan garam bertindak sebagai pelarut. Peran lelehan garam adalah (1) untuk meningkatkan laju reaksi sehingga suhu reaksi yang dibutuhkan lebih rendah, (2)

untuk meningkatkan derajat homogenitas, (3) untuk mengontrol ukuran partikel, (4) untuk mengontrol bentuk partikel, dan (5) untuk mengontrol aglomerasi partikel (Kimura, 2011).

Chang, dkk (2014) melakukan sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ menggunakan metode lelehan garam dengan variasi jenis garam yaitu KCl, NaCl, Na_2SO_4 , dan K_2SO_4 . Hasil karakterisasi SEM menunjukkan kristal dengan bentuk *plate-like*. Jenis garam dilaporkan dapat mempengaruhi fasa dan ukuran partikel yang terbentuk. Mereka melaporkan bahwa fasa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ murni berhasil diperoleh ketika menggunakan garam tunggal K_2SO_4 dan KCl, sedangkan garam NaCl dan Na_2SO_4 menyebabkan pembentukan fasa lain yaitu $\text{Sr}_2\text{Bi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$. Dibandingkan dengan garam K_2SO_4 , penggunaan garam KCl mampu menghasilkan ukuran partikel yang lebih kecil. Semakin tinggi rasio garam KCl terhadap oksida, ukuran partikel $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ juga semakin kecil. Selain faktor di atas, garam KCl banyak digunakan karena memiliki titik leleh yang rendah (770°C), keberadaannya melimpah dan juga murah, sehingga menjadikan garam ini berpeluang untuk digunakan dalam sintesis metode lelehan garam. Hal ini menunjukkan bahwa metode lelehan garam dapat digunakan untuk mensintesis senyawa Aurivillius dengan morfologi yang khas.

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ didoping vanadium ($\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$, dengan $x = 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) menggunakan garam tunggal KCl dengan rasio oksida terhadap garam (1:7). Sampel yang diperoleh akan dikarakterisasi dengan: (a) teknik difraksi sinar-X (XRD) untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk dan kemurniannya, (b) *scanning electron microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi partikel, dan

(c) *ultraviolet-visible diffuse reflectance spectrophotometer* (UV-Vis DRS) untuk mengetahui energi celah pita.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana struktur kristal, morfologi, dan energi celah pita dari senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) yang disintesis dengan metode lelehan garam tunggal KCl ?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur kristal, morfologi, dan energi celah pita dari senyawa Aurivillius $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) yang disintesis dengan metode lelehan garam tunggal KCl.

1.4 Batasan Masalah

- a). Sintesis dilakukan pada suhu 780 dan 820°C selama 8 jam
- b). Jenis garam yang digunakan adalah KCl dengan perbandingan 1:7.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang potensi fotokatalitik material $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ menggunakan metode lelehan garam.

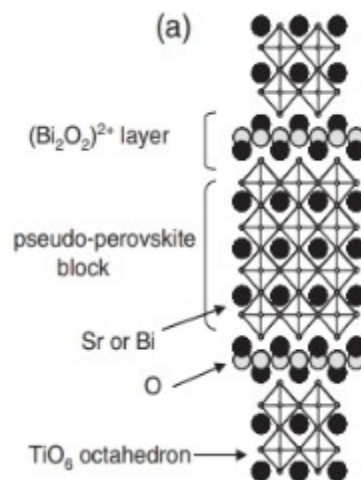
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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

Senyawa berstruktur Aurivillius merupakan senyawa yang terdiri dari lapis *flourite-like* $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ dan lapis perovskit $(A_{n-1}B_n\text{O}_{3n+1})^{2-}$, di mana n (1, 2, 3, 4, ...) adalah jumlah lapis perovskit (oktahedron oksigen). Kation A ditempati oleh kation dengan ukuran yang besar (1,34-1,61 Å) seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} , atau Ln^{3+} , sedangkan kation B ditempati oleh kation dengan ukuran yang lebih kecil (0,59-0,65 Å) seperti Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} , Nb^{5+} , atau W^{6+} . Contoh senyawa Aurivillius dengan jumlah lapis perovskit yang berbeda adalah Bi_2WO_6 ($n=1$), $\text{Bi}_2\text{SrTa}_2\text{O}_9$ ($n=2$), $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ($n=3$), $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($n=4$), dan $\text{Sr}_2\text{Bi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ ($n=5$) (Petrovic dan Bobic, 2018). $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ merupakan salah satu anggota senyawa Aurivillius berlapis 4 yang strukturnya ditampilkan pada Gambar 2.1 dan dilaporkan memiliki grup ruang $A2_1am$ dengan $a= 5,4280$ Å; $b= 5,4380$ Å; dan $c= 40,9400$ Å (Hao, dkk., 2009).

$\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dilaporkan mempunyai beberapa sifat menarik yaitu sifat feroelektrik (Wang, dkk., 2016) dan piezoelektrik (Rout, dkk., 2009). Selain itu, beberapa peneliti telah melaporkan bahwa senyawa ini menunjukkan aktivitas fotokatalis dengan kinerja bagus yang berhubungan dengan sifat feroelektrik dan semikonduktornya (Tu, dkk., 2018).



Gambar 2.1 Struktur kristal $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (Saito dan Takao, 2006)

2.2 Senyawa Aurivillius sebagai Fotokatalis

Fotokatalis berasal dari dua kata yaitu foton yang berarti cahaya, dan katalis. Fotokatalis didefinisikan sebagai substrat yang dapat mempercepat suatu reaksi kimia dengan menyerap energi dari foton atau cahaya. Sinar yang digunakan oleh material fotokatalis dapat berupa sinar UV atau sinar tampak ($\lambda > 420$ nm). Material fotokatalis mampu membentuk senyawa radikal ($\cdot\text{OH}$ dan $\cdot\text{O}_2^-$) yang digunakan untuk mendegradasi senyawa polutan (Liu, dkk., 2017; Subramaniam, dkk., 2019).

Mekanisme kerja aktivitas fotokatalitik ditampilkan pada Gambar 2.2. Ketika material fotokatalis ditembak cahaya dengan energi yang lebih tinggi atau sebanding dengan energi celah pita, maka elektron yang berada di pita valensi (VB) tereksitasi ke pita konduksi (CB) dan meninggalkan *hole* di VB. Elektron dapat mereduksi akseptor elektron khas (O_2) untuk menghasilkan spesies oksigen reaktif ($\cdot\text{O}_2^-$). Secara bersamaan, *hole* akan bereaksi dengan H_2O atau OH^- untuk membentuk $\cdot\text{OH}$. Anion superoksida ($\cdot\text{O}_2^-$) dan ($\cdot\text{OH}$) memiliki kemampuan

oksidatif yang kuat sehingga mampu mendegradasi polutan organik menjadi CO_2 dan H_2O (Long, dkk., 2020; Miao, dkk., 2016; Wang, dkk., 2008).

Senyawa Aurivillius yang dilaporkan berpotensi sebagai senyawa fotokatalis adalah (a) Bi_2MoO_6 dengan energi celah pita sebesar 2,72 eV (Cheng, dkk., 2019), (b) $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ dengan energi celah pita sebesar 2,2 eV (Lv, dkk., 2016), (c) $\text{Li}_2\text{CaTa}_2\text{O}_7$ dengan energi celah pita sebesar 4,36 eV (Liang, dkk., 2008), (d) $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan energi celah pita sebesar 3,21 eV (Yu, dkk., 2016), (e) $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan energi celah pita sebesar 3,2 eV (Qi, dkk., 2019), dan (f) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan energi celah pita sebesar 3,0 eV (Tu, dkk., 2018).



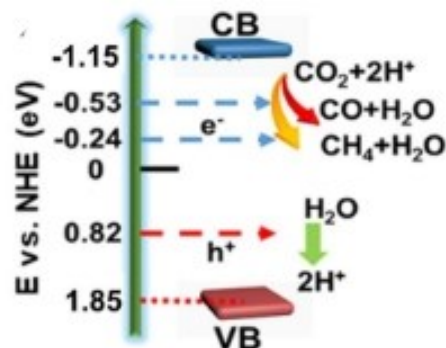
Gambar 2.2 Ilustrasi prinsip fotokatalis (Long, dkk., 2020)

Material fotokatalis dapat diaplikasikan pada bidang diantaranya adalah (a) produksi gas hidrogen melalui proses *water splitting*, (b) degradasi polutan organik, dan (c) reduksi ion logam berat (Zhang, dkk., 2016). Senyawa Aurivillius dilaporkan memiliki aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi polutan limbah seperti (a) Bi_2MoO_6 dapat mendegradasi RhB dan *tetracycline* (Zhang, dkk.,

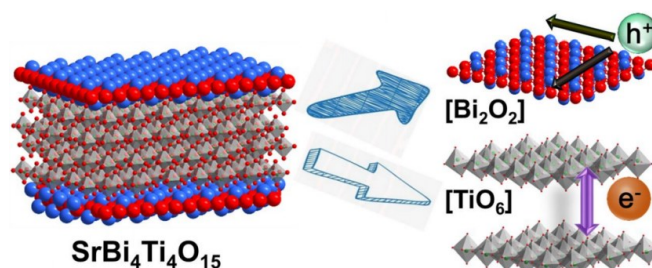
2020), (b) $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dapat mendegradasi MB dan *methyl orange* (Chen, dkk., 2016; Zhao, dkk., 2013), (c) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ untuk reduksi CO_2 (Tu, dkk., 2018).

2.2.1 Senyawa Aurivillius Lapis Empat $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ sebagai Material Fotokatalis

Material fotokatalis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dilaporkan mempunyai energi celah pita sebesar 3,0 eV yang berkesesuaian dengan panjang gelombang 413 nm. Level energi pita valensi dan pita konduksi senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ditampilkan pada Gambar 2.3. Pita konduksi ditempati oleh orbital Ti 3d sedangkan pita valensi ditempati oleh hibridisasi O 2p dan Bi 6s. Dalam mekanisme fotokatalitiknya, *hole* berada di lapis $(\text{Bi}_2\text{O}_2)^{2+}$ dan elektron berada di lapis Ti-O oktahedral seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.4 (Tu, dkk., 2018).



Gambar 2.3 Diagram tingkat energi celah pita $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (Tu, dkk., 2018)

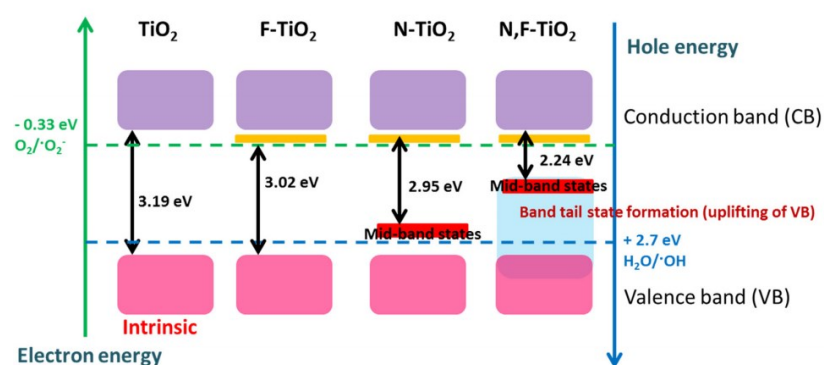


Gambar 2.4 Pemisahan elektron dan *hole* pada $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (Tu, dkk., 2018)

Uji aktivitas fotokatalitik $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ menunjukkan bahwa material ini mempunyai kemampuan mereduksi CO_2 menjadi CH_4 dengan laju sebesar $19,8 \mu\text{mol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ dan dengan *apparent quantum efficiency* (AQE) mencapai 1,33%. Laju reduksi CO_2 menjadi CH_4 pada material fotokatalis ini adalah 283 kali lebih besar daripada $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dan BiOBr . Polarisasi feroelektrik yang kuat pada material ini dapat memudahkan pemisahan muatan (Tu, dkk., 2018).

2.3 Strategi Pendopongan untuk Menurunkan Energi Celah Pita Material Fotokatalis

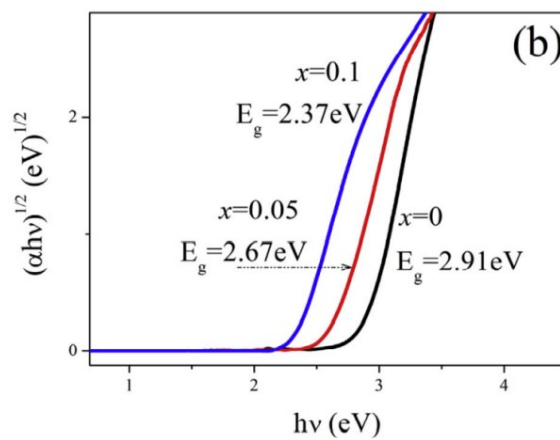
Pendopongan pada material fotokatalis dilaporkan dapat menurunkan energi celah pita. Gambar 2.5 menunjukkan bahwa keberadaan dopan pada material fotokatalis TiO_2 menyebabkan pembentukan keadaan elektronik baru yang berada diantara pita valensi dan pita konduksi sehingga dapat mempersempit energi celah pita dan menggeser penyerapan cahaya ke arah sinar tampak (Samsudin dan Hamid, 2017).



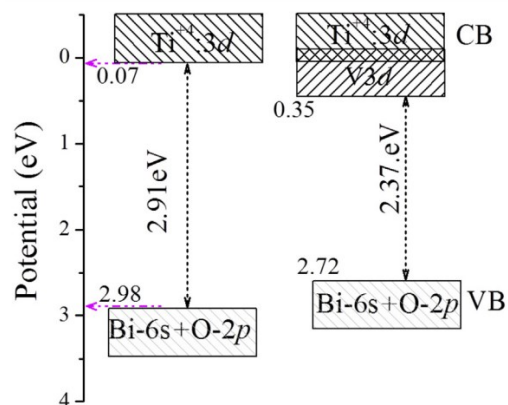
Gambar 2.5 Mekanisme penurunan energi celah pita TiO_2 (Samsudin dan Hamid, 2017)

Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa pendopongan pada senyawa Aurivillius dapat menggeser energi celah pita ke arah sinar tampak dan

meningkatkan aktivitas fotokatalitiknya. Gu, dkk (2016) melakukan sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping vanadium ($\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$, dengan $x=0; 0,05; \text{ dan } 0,1$). Hasil menunjukkan bahwa senyawa yang terdoping vanadium mempunyai energi celah yang lebih rendah. Perhitungan energi celah pita dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk ditampilkan pada Gambar 2.6 dan mekanisme penurunan energi celah sebagai akibat dopan logam V ditampilkan pada Gambar 2.7.

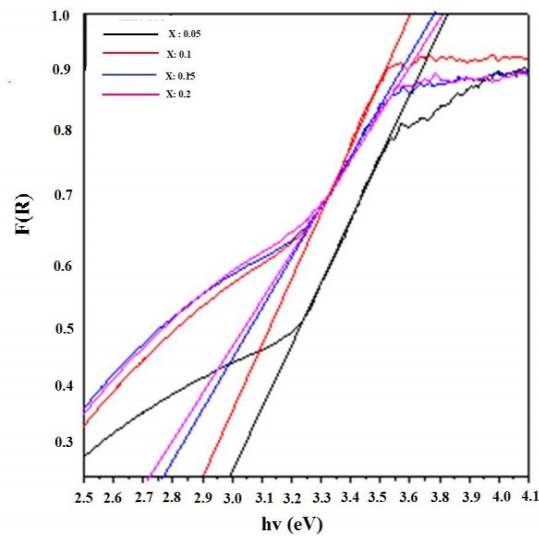


Gambar 2.6 Perkiraan nilai energi celah pita senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping vanadium (Gu, dkk., 2016)



Gambar 2.7 Ilustrasi pita valensi dan pita konduksi $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping vanadium (Gu, dkk., 2016)

Handayani, dkk (2019) juga melakukan sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (BIT) terdoping vanadium ($\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$, dengan $x= 0,05; 0,1; 0,15; \text{ dan } 0,2$). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dopan vanadium dapat menurunkan energi celah pita BIT menjadi 3,0; 2,9; 2,75; dan 2,71 eV, yang perhitungan energi celah pitanya ditampilkan pada Gambar 2.8.

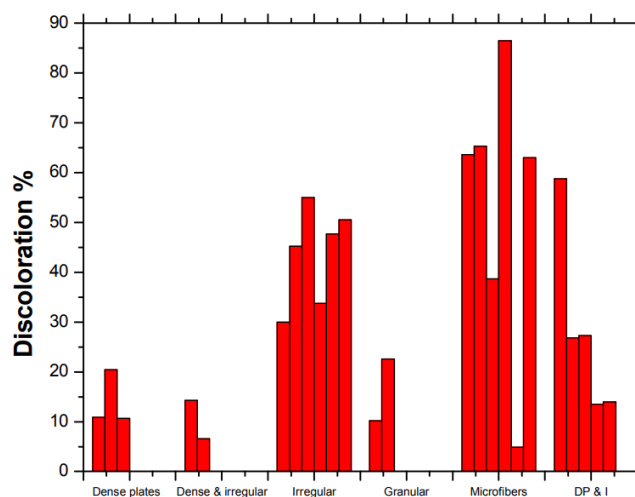


Gambar 2.8 Spektra DRS dari $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,05; 0,1; 0,15; \text{ dan } 0,2$) (Handayani, dkk., 2019)

2.4 Pengaruh Morfologi Partikel pada Aktivitas Fotokatalis

Aktivitas fotokatalitik didominasi oleh beberapa faktor seperti energi celah pita, luas permukaan, morfologi, kristalinitas, dan rekombinasi *electron-hole*. Gonzalez dkk (2018) melaporkan bahwa partikel dengan morfologi yang berbeda dapat menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang berbeda pula. Perbandingan aktivitas fotokatalitik material TiO_2 dengan morfologi yang berbeda ditampilkan pada Gambar 2.9. Partikel dengan morfologi *dense plates* dan *dense & irregular* memiliki aktivitas fotokatalitik paling rendah, sedangkan partikel *microfibers*

menunjukkan aktivitas fotokatalitik paling tinggi. Hal ini dikarenakan *microfibers* tersusun atas partikel kecil yang tersebar dipermukaan sehingga meningkatkan reaktivitas kimia ketika berinteraksi dengan MB.



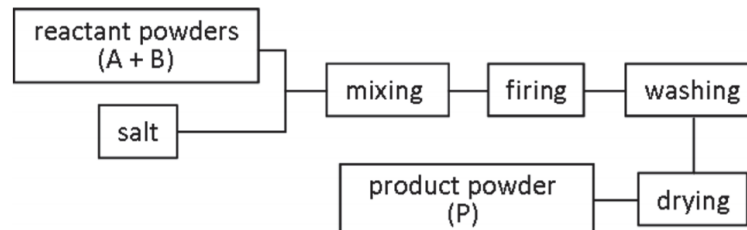
Gambar 2.9 Pengaruh morfologi TiO₂ dalam mendegradasi MB (Gonzalez, dkk., 2018)

Zu dan rekannya dalam Xu, dkk (2016) melaporkan bahwa CdS *nanorods* satu dimensi (diameter ~10 nm dan panjang ~200 nm) menunjukkan aktivitas fotokatalitik dalam memproduksi H₂ lebih tinggi daripada CdS *nanosphere*. Hal ini dikaitkan dengan batas butir yang lebih sedikit sehingga mendukung pemisahan muatan dan mengurangi rekombinasi *electron-hole* (Liu, dkk., 2014).

2.5 Metode Sintesis Lelehan Garam

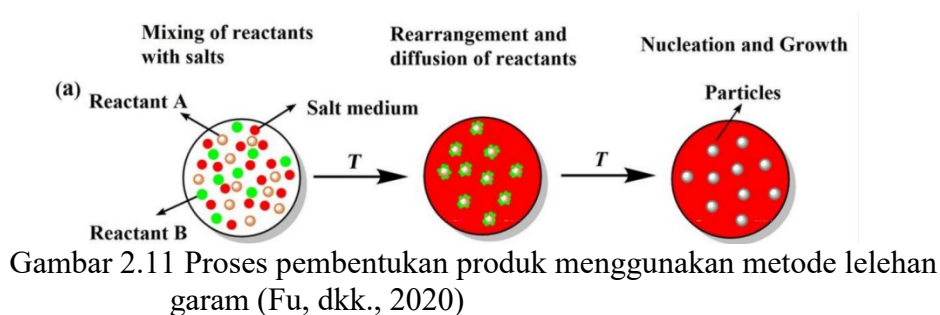
Metode lelehan garam adalah suatu metode yang menggunakan lelehan garam sebagai medium reaksi (Wen, dkk., 2019). Metode ini umum digunakan untuk menumbuhkan kristal tunggal dari larutan. Mekanisme sintesis menggunakan metode lelehan garam ditunjukkan pada Gambar 2.10. Campuran reaktan dan garam dipanaskan di atas suhu titik leleh garam. Ketika dipanaskan,

garam meleleh dan partikel produk terbentuk. Kemudian, produk didinginkan pada suhu kamar dan dicuci dengan sebuah pelarut (biasanya air) untuk menghilangkan garam. Bubuk oksida dapat diperoleh setelah pengeringan (Kimura, 2011).



Gambar 2.10 Mekanisme sintesis menggunakan metode lelehan garam (Kimura, 2011)

Menurut Ebrahimi, dkk (2005) dalam Li, dkk (2020), sintesis menggunakan lelehan garam secara keseluruhan terdiri dari empat proses: (i) disolusi reaktan, (ii) transportasi reaktan melalui lelehan, (iii) nukleasi produk, dan (iv) pertumbuhan produk. Mekanisme pertumbuhan kristal pada metode lelehan garam ditampilkan pada Gambar 2.11.



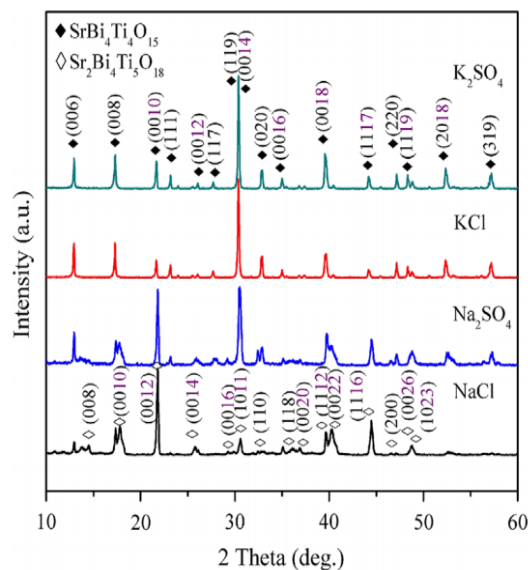
Gambar 2.11 Proses pembentukan produk menggunakan metode lelehan garam (Fu, dkk., 2020)

Metode lelehan garam memiliki beberapa keuntungan yaitu sederhana, mudah, murah dan dapat digunakan dalam produksi skala besar (Wang, dkk., 2006). Selain itu, metode ini efektif untuk membuat mikrokristal anorganik

dengan morfologi anisotropik. Metode lelehan garam memanfaatkan laju transpor massa yang tinggi dalam fluks sehingga memungkinkan sintesis dapat diselesaikan dalam suhu yang lebih rendah dan waktu yang lebih singkat. Metode ini mampu menghasilkan bubuk dengan komposisi kimia yang seragam, morfologi kristal yang baik, dan kemurnian fasa yang tinggi (Wen, dkk., 2019). Untuk mensintesis kristal tunggal yang bagus dengan ukuran partikel yang diinginkan, beberapa faktor penting perlu dipertimbangkan seperti jenis dan jumlah garam (Chang, dkk., 2014).

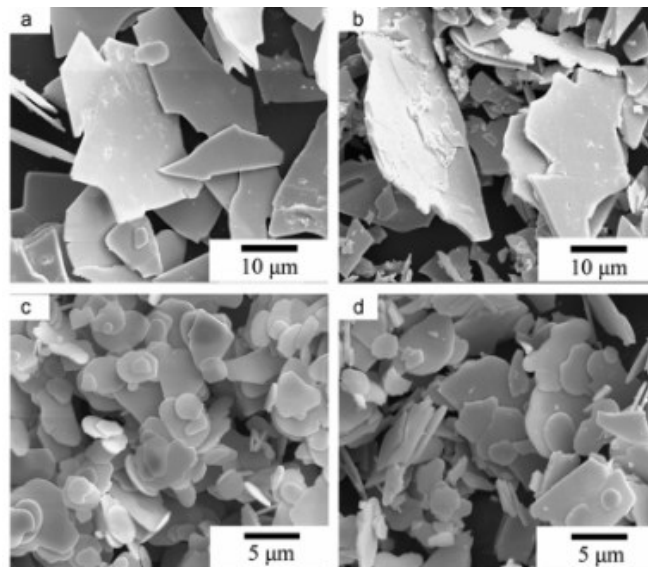
2.6 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam

Chang, dkk (2014) telah mensintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ dengan metode lelehan garam pada variasi jenis garam KCl, NaCl, K_2SO_4 , dan Na_2SO_4 . Pola difraksi sinar- X senyawa produk ditampilkan pada Gambar 2.12. Hasil menunjukkan bahwa senyawa target sudah berhasil diperoleh akan tetapi masih ditemukan fasa pengotor berupa senyawa $\text{Sr}_2\text{Bi}_4\text{Ti}_5\text{O}_{18}$ pada kondisi sintesis dengan menggunakan garam NaCl dan Na_2SO_4 .

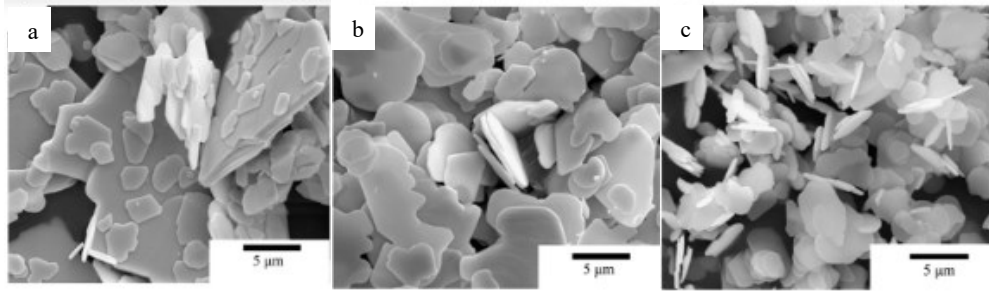


Gambar 2.12 Pola difraksi sinar-X pada $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ menggunakan garam NaCl , Na_2SO_4 , KCl dan K_2SO_4 (Chang, dkk., 2014)

Gambar SEM senyawa produk ditampilkan pada Gambar 2.13 dan dapat dilihat bahwa morfologi partikel yang disintesis dengan menggunakan garam KCl mempunyai bentuk *plate-like* dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan sampel yang diperoleh dengan menggunakan garam K_2SO_4 . Pengaruh rasio garam pada morfologi partikel ditampilkan pada Gambar 2.14 yang menunjukkan bahwa lelehan garam dengan rasio yang lebih tinggi dapat memperlambat laju pertumbuhan partikel sehingga dihasilkan morfologi partikel yang lebih seragam dan ukuran yang lebih kecil (Chang, dkk., 2014).



Gambar 2.13 Hasil karakterisasi SEM senyawa produk yang disintesis menggunakan garam (a) NaCl , (b) Na_2SO_4 , (c) KCl , dan (d) K_2SO_4 (Chang, dkk., 2014)



Gambar 2.14 Hasil karakterisasi SEM senyawa produk yang disintesis menggunakan garam KCl dengan rasio garam terhadap oksida (a) 0,5:1, (b) 0,75:1, dan (c) 1,5:1 (Chang, dkk., 2014)

2.7 Pengolahan Pencemaran Lingkungan dalam Perspektif Islam

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem dan kehidupan manusia. Sehingga pengolahan pencemaran lingkungan adalah teknologi yang penting untuk kehidupan manusia dan lingkungan secara global. Allah SWT berfirman dalam surat Al-Ahzab ayat 72:

إِنَّا عَرَضْنَا الْأَمَانَةَ عَلَى السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَالْجِبَالِ فَأَبَيْنَ أَنْ يَحْمِلْنَهَا وَأَشْفَقْنَ مِنْهَا وَحَمَلَهَا الْإِنْسَانُ ۗ إِنَّهُ كَانَ ظَلُومًا جَهُولًا ﴿٧٢﴾

Artinya: “Kami telah mengemukakan amanat kepada langit, bumi dan gunung-gunung, maka semuanya enggan untuk memikul amanat itu dan mereka khawatir akan mengkhianatinya, dan dipikullah amanat itu oleh manusia. Sesungguhnya manusia itu amat zalim dan amat bodoh”.

Allah telah memberikan amanat kepada manusia untuk selalu menaati perintah-Nya dan menjauhi larangannya. Karena manusia bersedia menerima amanat yang diberikan Allah SWT, maka setiap manusia diwajibkan untuk menjalaninya. Seperti halnya tentang kelestarian lingkungan, setiap manusia harus selalu menjaga kebersihan lingkungan agar tidak rusak dan tercemar, sebab apa yang Allah berikan kepada manusia semata-mata merupakan suatu amanah untuk mengelolanya. Dalam hal ini Rasulullah SAW juga sangat menganjurkan manusia

untuk selalu menjaga kelestarian lingkungan dan makhluk hidup yang ada didalamnya seperti yang tertulis dalam hadist berikut:

ارْحَمُوا مَنْ فِي الْأَرْضِ يَرْحَمَكُم مَّن فِي السَّمَاءِ

Artinya: “Sayangilah makhluk yang ada di bumi, niscaya makhluk yang ada di langit akan menyayangi kalian” (HR At-Tirmidzi: 1847).

Nabi Muhammad SAW. memberikan motivasi kepada umatnya yaitu dengan adanya kepedulian terhadap lingkungan. Allah memberikan dua pahala sekaligus, yakni pahala ketika di dunia berupa hidup bahagia dan sejahtera dalam lingkungan yang bersih, indah dan hijau, dan pahala di akhirat berupa surga. Sehingga tindakan mencemari lingkungan dan tidak diperbaiki lagi merupakan kerugian yang besar (Istianah, 2015).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus-September 2021 yang bertempat di Laboratorium Kimia Fisika Edukasi, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

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

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah SrCO₃ (Sigma Aldrich, 99,9% serbuk), Bi₂O₃ (Sigma Aldrich, 99,9% serbuk), TiO₂ (Sigma Aldrich, 99,9% serbuk), V₂O₅ (Sigma Aldrich, 99,9% serbuk), KCl (Sigma Aldrich 99% serbuk), AgNO₃ (Sigma Aldrich, larutan 2,5%), aseton (Sigma Aldrich, larutan), dan aquades.

3.3 Rancangan Penelitian

- a. Tahap sintesis SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ terdoping vanadium dengan metode lelehan garam

Proses ini mencakup sintesis menggunakan metode lelehan garam pada suhu 780 dan 820 °C dengan garam tunggal KCl, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan sampai suhu ruang dan penghilangan garam dengan air panas

b. Tahap karakterisasi

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

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) dengan Metode Lelehan Garam

$\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) disintesis sebanyak 3 gram. Prekursor SrCO_3 , Bi_2O_3 , TiO_2 , V_2O_5 , dan KCl yang digunakan ditampilkan pada Tabel 3.1. Prekursor dihomogenkan dengan cara digerus dalam *mortar agate* selama 1 jam dan ditambahkan aseton untuk menghomogenkan sampel. Kemudian sampel dikalsinasi pada suhu 780 dan 820 °C selama 8 jam. Produk didinginkan dan dicuci berulang kali menggunakan aquades panas untuk menghilangkan garam. Adanya garam dapat diketahui dengan meneteskan larutan AgNO_3 ke dalam filtrat. Terbentuknya endapan putih mengindikasikan masih terdapat garam dalam filtrat. Setelah kadar garam hilang, produk dikeringkan

menggunakan oven pada suhu 80 °C selama 2 jam (Chang, dkk., 2014; Guo dan Zhang, 2011; Januari, dkk., 2020; Lei dan Yan, 2009).

Tabel 3.1 Massa prekursor hasil perhitungan

Target Senyawa	Massa Target (gram)	Massa Pereaksi (gram)				
		SrCO ₃	Bi ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	KCl
SrBi ₄ Ti ₄ O ₁₅	3	0,3269	2,0633	0,7073	-	1,1554
SrBi ₄ Ti _{3,95} V _{0,05} O ₅	3	0,3268	2,0630	0,6984	0,0101	1,1553
SrBi ₄ Ti _{3,90} V _{0,1} O ₁₅	3	0,3268	2,0628	0,6895	0,0201	1,1551
SrBi ₄ Ti _{3,85} V _{0,15} O ₁₅	3	0,3267	2,0626	0,6805	0,0302	1,1550

3.4.2 Karakterisasi SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan Instrumen XRD

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dan kemurniannya. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar menggunakan XRD dengan radiasi Cu *Kα* 40 kV dan 15 mA pada rentang 2θ (°)= 10-90. Difraktogram yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan ICSD No. 51863 (Januari, dkk., 2020; Kennedy, dkk., 2008).

3.4.3 Karakterisasi SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan Instrumen SEM

Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk menganalisa morfologi partikel dari produk. Karakterisasi dilakukan dengan perbesaran 7000-15000 kali.

3.4.4 Karakterisasi SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan Instrumen UV-Vis DRS

Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS bertujuan untuk mengetahui nilai energi celah pita sampel. Sampel telah digerus halus kemudian ditempatkan

pada *sample holder* dan diukur pada panjang gelombang 200-800 nm (Tu, dkk., 2018).

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Data XRD

Data yang diperoleh dari karakterisasi XRD adalah pola difraksi sinar-X yang kemudian dibandingkan dengan standar $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ yang terdapat pada *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD). Data XRD yang diperoleh selanjutnya dilakukan *refinement* menggunakan perangkat lunak *Rietica* dengan metode *Le-Bail* yang bertujuan untuk mengetahui data kristalografi. Perhitungan *crystallite size* sampel menggunakan persamaan Debye-Scherrer sebagaimana yang ditampilkan pada persamaan 3.1.

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \dots \dots \dots (3.1)$$

D adalah ukuran kristal (nm), λ adalah panjang gelombang radiasi, K adalah konstanta (0,9), dan β adalah luas puncak refleksi (FWHM, radian).

3.5.2 Analisis Data SEM

Hasil karakterisasi menggunakan SEM berupa gambar yang berisi morfologi $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{O}_{15}$. Gambar hasil karakterisasi diolah menggunakan perangkat lunak *Image-J*.

3.5.3 Analisis Data UV-Vis DRS

Data yang diperoleh menggunakan DRS berupa data reflektansi. Data reflektansi dianalisa menggunakan persamaan Kubelka-Munk yang ditampilkan

pada persamaan 3.2 (Ramirez, 2015).

$$F(R) = \left(\frac{(1-R)^2}{2R} = \frac{K}{S} \right) \dots \dots \dots (3.2)$$

$F(R)$ adalah faktor Kubelka-Munk, K adalah koefisien absorpsi molar, S adalah koefisien *scattering*, dan R adalah nilai reflaktan yang diukur. Nilai energi celah pita ditentukan dari plot antara energi foton ($h\nu$) (sebagai sumbu x) dan $(F(R).h\nu)^{1/2}$ (sebagai sumbu y). Energi foton ($h\nu$) dapat dihitung dari data panjang gelombang yang terukur yaitu $h\nu = hc/\lambda$, dimana h adalah tetapan plank dan c adalah tetapan cahaya. Energi celah pita dihitung secara regresi linear pada nilai x ($h\nu =$ energi celah pita) ketika $y = 0$ (Ramirez, 2015).

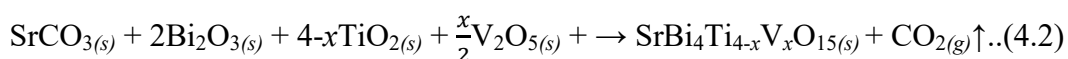
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) dilakukan dengan metode lelehan garam tunggal KCl yang dikalsinasi pada suhu 780 dan 820 °C masing masing selama 8 jam. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan teknik difraksi sinar- X (XRD) untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk dan kemurniannya, (b) *scanning electron microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi partikel, dan (c) *ultraviolet-visible diffuse reflectance spectrophotometer* (UV-Vis DRS) untuk mengetahui energi celah pita.

4.1 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) dengan Metode Lelehan Garam

$\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) disintesis dengan metode lelehan garam tunggal KCl. Metode ini diawali dengan menghomogenkan sampel yang dibantu oleh aseton. Penggunaan aseton dikarenakan memiliki tekanan uap tinggi (24 kPa) sehingga akan mudah menguap dan tidak dapat bereaksi dengan prekursor. Sampel yang telah homogen kemudian dipanaskan diatas suhu titik leleh garam agar garam dapat meleleh sempurna dan berfungsi sebagai media reaksi. Reaksi yang terjadi pada saat kalsinasi ditampilkan pada persamaan 4.1 dan 4.2 (Zhou, dkk., 2018).



Perubahan warna sampel sebelum dan setelah kalsinasi ditampilkan pada Gambar 4.1. Berdasarkan gambar tersebut terlihat adanya perubahan warna

produk dari warna kuning pucat ke warna kemerahan setelah proses kalsinasi (Gambar 4.1 a dan b). Hal ini disebabkan oleh ion vanadium yang berhasil tersubstitusi ke kisi Ti^{4+} sehingga membentuk senyawa baru.

4.2 Karakterisasi dan Analisis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) Menggunakan XRD

Difraktogram $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) ditampilkan pada Gambar 4.2 (a) yang menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian puncak difraksi dengan data standar $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (ICSD No. 51863) dan tidak ditemukan puncak baru yang menandakan bahwa tidak ada fasa pengotor. Berdasarkan Gambar 4.2 (b), penambahan dopan vanadium dapat mempengaruhi sedikit pergeseran puncak difraksi ke arah 2θ yang lebih besar yaitu pada $x= 0,1$ dan $0,15$ yang disebabkan oleh tersubstitusinya V^{5+} (0,0599 nm) ke kisi Ti^{4+} (0,0605 nm). Selain itu, pergeseran puncak difraksi yang lebih signifikan terjadi pada $x= 0,05$. Hal ini dikarenakan tersubstitusinya vanadium yang telah mengalami perubahan valensi menjadi V^{3+} (0,078 nm) ke kisi Ti^{4+} akibat penggunaan suhu tinggi. Perbedaan jari-jari yang lebih besar ini akan mengarah pada ekspansi kisi (Aini, dkk., 2018; Dutta, dkk., 2016; Zhang, dkk., 2009; Marrocchelli, 2012). Pergeseran puncak difraksi berkorelasi dengan *crystallite size* yang mengalami kenaikan secara signifikan pada $x= 0,05$ sebagaimana yang ditampilkan pada Gambar 4.3 dan sedangkan nilainya dirangkum pada Tabel 4.1. Devi, dkk (2010) menyatakan bahwa *crystallite size* akan berpengaruh pada aktivitas fotokatalis. Mereka melaporkan bahwa peningkatan *crystallite size* akan meningkatkan laju rekombinasi elektron dan *hole* yang disebabkan oleh peningkatan *diffusion path length* pada pembawa muatan. Selain itu juga dapat memperkecil luas permukaan

sehingga menurunkan jumlah situs aktif permukaan yang menyebabkan penurunan kinerja aktivitas fotokatalis.

4.2.1 Refinement Data XRD SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15)

Refinement data XRD menggunakan *software* Rietica dengan metode Le-Bail untuk mengetahui data kristalografi. Proses *refinement* menggunakan data standar SrBi₄Ti₄O₁₅ (ICSD No. 51863) dengan nilai $a= 5,4507 \text{ \AA}$, $b= 5,4376 \text{ \AA}$, $c= 40,9841 \text{ \AA}$, $Z= 4$, volume sel= $1214,72 \text{ \AA}^3$, dan grup ruang= $A2_1am$ sebagaimana yang dilaporkan oleh (Kennedy, dkk., 2008). Plot *refinement* ditampilkan pada Gambar 4.4 sedangkan data kristalografi yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel 4.1.

Berdasarkan Tabel 4.2, SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) memiliki nilai profil (R_p) dan nilai residu profil berbobot (R_{wp}) di bawah 10%. Di mana hal ini menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian yang baik antara data standar dengan data hasil penelitian. Parameter kisi dan volume sel pada SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ mengalami kenaikan maupun penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi dopan vanadium. Penurunan parameter kisi dan volume sel pada $x= 0,1$ dan $0,15$ disebabkan oleh perpendekan ikatan Ti-O serta penurunan *tilting* oktahedra sebagai akibat dari tersubstitusinya V^{5+} yang memiliki jari jari lebih kecil ke kisi Ti^{4+} . Sedangkan kenaikan nilai parameter kisi serta volume sel pada $x= 0,05$ disebabkan oleh perubahan valensi vanadium yang menginduksi terjadinya kekosongan oksigen sehingga menyebabkan kontraksi kisi karena adanya gaya tolak menolak elektrostatik yang besar pada kation disekitar kekosongan oksigen (Ramana, dkk., 2017; Dutta, dkk., 2016; Marrocchelli, 2012). Bentawal, dkk (2020) menyatakan bahwa kekosongan oksigen yang terjadi pada

$x = 0,05$ akan berperan sebagai pusat rekombinasi elektron dan *hole* sehingga menurunkan aktivitas fotokatalis. Oleh karena itu, untuk mengurangi terjadinya kekosongan oksigen serta untuk menurunkan *crystallite size* pada $x = 0,05$, dapat dilakukan dengan menurunkan suhu sintesis karena penggunaan suhu sintesis yang tinggi dapat mempengaruhi perubahan valensi atom (Ti, dkk., 2019).

4.3 Karakterisasi dan Analisis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x = 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) Menggunakan SEM

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis menghasilkan morfologi *plate-like*. Hasil ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Chang, dkk (2014) bahwa metode lelehan garam efektif dalam menghasilkan morfologi *plate-like*. Selain itu, Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa semua sampel mengalami aglomerasi, di mana hal ini dikarenakan jumlah lelehan garam tidak mampu untuk memisahkan setiap kristal pada saat proses pertumbuhan. Seiring dengan bertambahnya dopan vanadium, derajat aglomerasi partikel menjadi semakin rendah dan distribusi morfologi menjadi semakin jelas dan seragam. Hal ini disebabkan adanya peningkatan energi permukaan akibat dopan vanadium sehingga mampu meningkatkan mobilitas ion pada saat proses pertumbuhan partikel (Chang, dkk., 2014; Wang, dkk., 2015; Ebrahimi, dkk., 2020). Penurunan aglomerasi partikel akan meningkatkan aktivitas fotokatalitik karena dapat meningkatkan jumlah situs aktif permukaan dan meningkatkan kemampuan absorpsi cahaya pada material (Isari, dkk., 2018; Zeid, dkk., 2018). Selain itu, distribusi morfologi yang seragam juga akan meningkatkan aktivitas fotokatalitik karena dapat meningkatkan kemampuan absorpsi cahaya dan mampu memfasilitasi difusi reaktan ke situs fotoaktif pada material sehingga

mempercepat interaksi antara senyawa polutan ke permukaan material fotokatalis (Cui, dkk., 2018).

4.4 Karakterisasi dan Analisis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) Menggunakan UV-Vis DRS

Spektra reflektansi senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$) ditampilkan pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar tersebut, vanadium mempengaruhi pergeseran serapan ke arah panjang gelombang yang lebih besar dan disertai dengan penurunan intensitas reflektansi. Hal ini menunjukkan bahwa dopan vanadium mampu meningkatkan penyerapan cahaya ke arah sinar tampak yang disebabkan terbentuknya keadaan elektronik baru oleh logam vanadium (Gu, dkk., 2016). Selanjutnya data tersebut diolah menggunakan persamaan Kubelka-Munk. Plot antara $(F(R) \cdot hv)^{1/2}$ dengan energi celah pita ditampilkan pada Gambar 4.7. Energi celah pita sampel dirangkum pada Tabel 4.3.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa energi celah pita (E_g) $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi dopan vanadium. Penurunan energi celah pita ini disebabkan terbentuknya keadaan elektronik baru oleh logam vanadium. Pada senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, pita valensi (VB) terdiri dari Bi 6s dan O 2p, sedangkan pita konduksi (CB) terdiri dari V 3d dan sebagian Ti 3d. Ketika $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (tanpa doping) dikenai cahaya, maka elektron akan tereksitasi ke orbital Ti 3d. Namun, dengan adanya dopan vanadium, elektron yang tereksitasi akan menuju ke orbital V 3d yang posisinya di bawah orbital Ti 3d. Sehingga, dopan vanadium dapat menyebabkan penurunan energi celah pita (Gu, dkk., 2016). Penurunan nilai energi celah pita juga disebabkan oleh penurunan derajat aglomerasi partikel dan distribusi keseragaman morfologi yang dapat

meningkatkan penyerapan cahaya (Zeid, dkk., 2018; Cui, dkk., 2018). *Cystallite size* terlihat tidak mempengaruhi penurunan energi celah pita, Khammar, dkk (2020) melaporkan bahwa penurunan energi celah pita tidak hanya didasarkan pada *cystallite size*, namun juga dipengaruhi oleh faktor yang lain seperti regangan internal dan efek kurungan kuantum (*quantum confinement*) pada kristal.

4.5 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ sebagai Bagian dari Upaya dalam Pengolahan Limbah Cair

Pencemaran air yang disebabkan oleh polutan limbah merupakan suatu permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh perbuatan manusia dan akan berdampak negatif bagi seluruh makhluk hidup. Nabi Muhammad SAW bersabda:

إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ يُحِبُّ الطَّيِّبَ نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكِرْمَ جَوَادٌ يُحِبُّ الْجُودَ فَنَظِّفُوا

Artinya: “*Sesungguhnya Allah SWT. Itu baik, Dia menyukai kebaikan. Allah itu bersih, Dia menyukai kebersihan. Allah itu mulia, Dia menyukai kemuliaan. Allah itu dermawan ia menyukai kedermawanan maka bersihkanlah olehmu tempat-tempatmu.*” (H.R. At –Tirmidzi: 2723)

Hadist ini menjelaskan bahwa islam menganjurkan untuk bersih dari sampah bahkan ada pahala tersendiri bagi orang-orang yang selalu mencintai kebersihan. Oleh sebab itu, sintesis material fotokatalis adalah salah satu jalan untuk menjalankan anjuran Allah SWT karena dapat membersihkan air dari senyawa polutan dengan cara mendegradasi senyawa polutan yang berbahaya seperti limbah zat warna, dan senyawa-senyawa organik yang lain menjadi senyawa yang lebih tidak berbahaya yaitu CO_2 dan H_2O , agar air terbebas dari

polutan sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan (Fahrurrozi, 2020).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ telah berhasil disintesis dan tidak ditemukan senyawa pengotor. Pendopongan dengan logam vanadium merupakan suatu cara untuk memperbaiki aktivitas $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ sebagai fotokatalis. Salah satu tujuannya adalah untuk menurunkan energi celah pitanya sehingga dapat menggeser penyerapan cahaya dari daerah UV ke daerah sinar tampak. Berdasarkan data UV-Vis DRS, nilai energi celah pita terbukti mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi vanadium. Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa hasil sintesis dapat menjalankan aktivitasnya sebagai fotokatalis di bawah sinar tampak dengan memanfaatkan sinar matahari. Allah berfirman dalam surah Fushshilat (41):37.

وَمِنْ آيَاتِهِ اللَّيْلُ وَالنَّهَارُ وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ ۚ لَا تَسْجُدُوا لِلشَّمْسِ وَلَا لِلْقَمَرِ وَاسْجُدُوا لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَهُنَّ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ﴿٤٧﴾

Artinya: “Dan diantara ayat-ayat-Nya adalah malam dan siang, serta matahari dan bulan. Janganlah bersujud kepada matahari dan janganlah (pula) kepada bulan, sujudlah kepada Allah yang menciptakannya jika kamu hanya kepada-Nya saja menyembah.

Shihab (2002) menyatakan bahwa ayat ini mengingatkan tentang kuasa-Nya yang berkaitan dengan benda-benda langit. *Dan di antara ayat-ayat yakni tanda-tanda keesaan dan kekuasaan-Nya adalah malam dan siang, serta matahari dan bulan. Janganlah sujud kepada matahari dan janganlah pula kepada bulan, karena keduanya adalah makhluk ciptaan-Nya tetapi sujudlah kepada Allah yang menciptakan keempat nya yakni malam, siang, matahari dan bulan, jika memang kamu hanya kepadaNya saja menyembah.* Matahari

merupakan salah satu tanda kekuasaan Allah SWT, dan dalam kehidupan sehari-hari kita diberikan kesempatan untuk memanfaatkannya sebaik-baiknya untuk berbagai keperluan. Di mana dalam hal ini kita dapat menggunakan energi matahari untuk mengaktifkan aktivitas fotokatalis senyawa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ dalam mendegradasi senyawa polutan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0$; 0,05; 0,1; dan 0,15) telah berhasil disintesis dan tidak ditemukan fasa pengotor. $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ memiliki struktur orthorombik dengan grup ruang $A2_1am$. Karakterisasi SEM menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis memiliki morfologi *plate-like* dan terbentuk aglomerasi, di mana dopan vanadium mempengaruhi penurunan aglomerasi partikel. Sedangkan berdasarkan hasil karakterisasi UV-Vis DRS, dopan vanadium dapat menurunkan nilai energi celah pita $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$, yaitu dari 3,04 eV (408 nm) pada $x= 0$ ke 2,84 eV (436 nm) pada $x= 0,15$. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x= 0,15$) adalah senyawa hasil sintesis yang paling baik karena memiliki *crystallite size* yang lebih rendah, morfologi partikel yang paling baik, dan energi celah pita yang paling kecil sehingga dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan bahwa:

1. Menambahkan jumlah garam untuk menghasilkan morfologi yang baik dan mereduksi aglomerasi partikel.
2. Menambahkan uji aktivitas fotokatalitik untuk mengetahui pengaruh dopan vanadium dalam mendegradasi senyawa polutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., Ningsih, R., Maulina, D., Lafi, F.F., dan Chasanah, S.N. 2018. Visible Light Driven Photocatalyst of Vanadium (V^{3+}) Doped TiO_2 Synthesized Using Sonochemical Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 333: 1-5.
- Alemi, A. A., Kashfi, R., dan Shabani, B. 2014. Preparation and Characterization of Novel Ln (Gd^{3+} , Ho^{3+} and Yb^{3+})-Doped Bi_2MoO_6 with Aurivillius Layered Structures and Photocatalytic Activities Under Visible Light Irradiation. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 392: 290–298.
- Bantawal, Harsha., Shenoy, Sandhya U., dan Bhat, Khrisna D. 2020. Vanadium-Doped $SrTiO_3$ Nanocubes: Insight into Role of Vanadium in Improving The Photocatalytic Activity. *Applied Surface Science*, 513: 145858.
- Cao, Ranran., Huang, Hongwei., Tian, Na., Zhang, Yihe., Guo, Yuxi., dan Zhang, Tierui. 2015. Novel Y Doped Bi_2WO_6 Photocatalyst: Hydrothermal Fabrication, Characterization and Enhanced Visible-Light-Driven Photocatalytic Activity for Rhodamine B Degradation and Photocurrent Generation. *Materials Characterization*, 101: 166–172.
- Chang, Yunfei., Wu, Jie., Yang, Bin., Zhang, Shantao., Lv, Tianquan., dan Cao, Wenwu. 2014. Synthesis and Properties of High Aspect Ratio $SrBi_4Ti_4O_{15}$ Microplatelets. *Materials Letters*, 129(4):12–15.
- Chen, Zhiwu., Jiang, Hong., Jin, Wuliang., dan Shi, Chunkai. 2016. Enhanced Photocatalytic Performance Over $Bi_4Ti_3O_{12}$ Nanosheets with Controllable Size and Exposed $\{001\}$ Facets for Rhodamine B Degradation. *Applied Catalysis B: Environmental*, 180: 698–706.
- Chen, Zhiwu., Jiang, Xunyang., Zhu, Chengbin., dan Shi, Chunkai. 2016. Chromium-Modified $Bi_4Ti_3O_{12}$ Photocatalyst: Application for Hydrogen Evolution and Pollutant Degradation. *Applied Catalysis B: Environmental*, 199: 241–251.
- Cheng, Lijun., Liu, Lequan., Wang, Defa., Yang, Fan., dan Ye, Jinhua. 2019. Synthesis of Bismuth Molybdate Photocatalysts for CO_2 Photo-Reduction. *Journal of CO_2 Utilization*, 29: 196–204.
- Chu, R. Q., Xu, Z. J., Zhu, Z. G., Li, G. R., dan Yin, Q. R. 2005. Synthesis of $SrBi_4Ti_4O_{15}$ Powder and Ceramic via Auto-Combustion of Citrate-Nitrate Gel. *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology*, 122(2): 106–109.
- Cui, Lifeng., Song, Jialing., McGuire, Allister F., Kang, Shifei., Fang, Xueyou., Wang, Junjie., Yin, Chaochuang., Li, Xi., Wang, Yangang., dan Cui,

- Bianxiao. 2018. Constructing Highly Uniform Onion-Ring-Like Graphitic Carbon Nitride for Efficient Visible-Light-Driven Photocatalytic Hydrogen Evolution. *ACS Nano*, 12(6): 5551-5558.
- Daghrir, Rimeh., Drogui, Patrick., dan Robert, Didier. 2013. Modified TiO₂ for Environmental Photocatalytic Applications: A Review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 52(10): 3581–3599.
- Devi, L. Gomathi., Murthy, Narasimha B., dan Kumar S. Girish. 2010. Photocatalytic Activity of TiO₂ Doped with Zn²⁺ And V⁵⁺ Transition Metal Ions: Influence of Crystallite Size and Dopant Electronic Configuration on Photocatalytic Activity. *Material Science and Engineering B*, 166(1): 1-6.
- Do, Dalhyun., Kim, Sang Su., dan Kim, Jin Won. 2009. Effects of Vanadium Doping on Structure and Electrical Properties of SrBi₄Ti₄O₁₅ Thin Films. *Applied Surface Science*, 255(8): 4531–4535.
- Dutta, Dimple P., dan Tyagi, A.K. 2016. Facile Sonochemical Synthesis of Ag Modified Bi₄Ti₃O₁₂ Nanoparticles with Enhanced Photocatalytic Activity Under Visible Light. *Materials Research Bulletin*, 74: 397-407.
- Ebrahimi, Roya., Malei, Afshin., Rezaee, Reza., Daraei, Hiua., Safari, Mahdi., McKay, Gordon., Lee, Seung-Mok., dan Jafari, Ali. 2020. Synthesis and Application of Fe-Doped TiO₂ Nanoparticles for Photodegradation of 2,4-D from Aqueous Solution. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46: 6409-6422.
- Fahrurrozi. 2020. Analysis Concept of The Blue Economy Islamic Perspective (Case studi Jumiang as Marine Tourism in Pamekasan). *Perisai: Islamic Banking and Finance Journal*, 4(1): 1-9.
- Fu, Jing., Hou, Yudong., Liu, Xuepeng., Zheng, Mupeng., dan Zhu, Mankang. 2020. Construction Strategy of Ferroelectrics by The Molten Salt Method and its Application in The Energy Field. *Journal of Materials Chemistry C*, 8(26): 8704–8731.
- Gonzalez, Patricio Allende., Laguna-Bercero, Miguel A., Barrientos, Lorena., Valenzuela, Maria Luisa., dan Diaz, Carlos. 2018. Solid State Tuning of TiO₂ Morphology, Crystal Phase, and Size Through Metal Macromolecular Complexes and its Significance in The Photocatalytic Response. *ACS Applied Energy Materials*, 1(7): 3159–3170.
- Gu, Daguo., Qin, Yingyin., Wen, Yongchun., Li, Tie., Qin, Lin., dan Seo, Hyo Jin. 2016. Electronic Structure and Optical Properties of V-Doped Bi₄Ti₃O₁₂ Nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*, 695: 1-8.

- Guo, Chen Jie., dan Zhang, Chang Song. 2011. Molten Salt Synthesis of Anisotropic $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Particles. *Advanced Materials Research*. 284–286: 1452–1455.
- Guo, Jianhui., Shi, Lei., Zhao, Jiyin., Wang, Yang., Tang, Kaibin., Zhang, Wanqun., Xie, Changzheng., dan Yuan, Xueyou. 2018. Enhanced Visible-Light Photocatalytic Activity of Bi_2MoO_6 Nanoplates with Heterogeneous $\text{Bi}_2\text{MoO}_{6-x}@\text{Bi}_2\text{MoO}_6$ Core-Shell Structure. *Applied Catalysis B: Environmental*, 224: 692–704.
- Handayani, R., Safitri, W. N., Aini, N., Hardian, A., dan Prasetyo, A. 2019. Synthesis and Characterization of Vanadium Doped $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ as Photocatalyst Material. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 578(1): 1-5.
- Hao, Hua., Liu, Hanxing., dan Ouyang, Shixi. 2009. Structure and Ferroelectric Property of Nb-Doped. *Journal of Electroceramics*, 22(4): 357–362.
- Hernández-Ramírez, Aracely., dan Medina-Ramírez, Iliana. 2015. *Photocatalytic Semiconductors*. ISBN 978-3-319-10999-2.
- Hou, R. Z., dan Chen, X. M. 2004. La^{3+} Substitution in Four-Layers Aurivillius Phase $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$. *Solid State Communications*, 130: 469–472.
- Isari, Ali Akbar., Payan, Amir., Fattahi, Moslem., Jorfi, Sahand., dan Kakavandi, Babak. 2018. Photocatalytic Degradation of Rhodamine B and Real Textile Wastewater Using Fe-Doped TiO_2 Anchored on Reduced Graphene Oxide (Fe- TiO_2/rGO): Characterization and Feasibility, Mechanism and Pathway Studies. *Applied Surface Science*, 462: 549-564.
- Istianah. 2015. Upaya Pelestarian Lingkungan Hidup Dalam Perspektif Hadis. *Riwayah*, 1(2): 249-270.
- Januari, T., Aini, N., Barroroh, H., dan Prasetyo, A. 2020. The Effect of Synthesis Time to Particle Size of $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ which Synthesized Using Molten Single Salt NaCl Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 456: 1–4.
- Kennedy, Brendan J., Zhou, Qingdi., Ismunandar, Kubota, Yoshika., dan Kato, Kenichi. 2008. Cation Disorder and Phase Transitions in The Four-Layer Ferroelectric Aurivillius Phases $\text{ABi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ($A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}, \text{Pb}$). *Journal of Solid State Chemistry*. 181(6): 1377-1386.
- Khammar, M., Ynineb, F., Guitouni, S., Bouzmit, Y., dan Attaf, N. 2020. Crystallite Size and Intrinsic Strain Contribution in Band Gap Energy Redshift of Ultrasonic-Sprayed Kesterite CZTS Nanostructured Thin Films. *Applied Physics A*, 126(398): 1-8.

- Kimura, Toshio. 2011. Molten Salt Synthesis of Ceramic Powders. *Advances in Ceramics-Synthesis and Characterization, Processing and Specific Applications*. ISBN 978-953-307-505-1.
- Lei, Fang., Yan, Bing., Chen, Hao Hong., dan Zhao, Jing Tai. 2009. Molten Salt Synthesis, Characterization, and Luminescence Properties of $Gd_2Mo_6:Eu^{3+}$ ($M= W, Mo$) Phosphors. *Journal of The American Ceramic Society*, 92(6): 1262–1267.
- Li, Haibin., Liu, Guocong., dan Duan, Xuechen. 2009. Monoclinic $BiVO_4$ with Regular Morphologies: Hydrothermal Synthesis, Characterization and Photocatalytic Properties. *Materials Chemistry and Physics*, 115(1): 9–13.
- Li, Haifeng., Yi, Xialin., Wu, Yubo., Wei, Xiang., Deng, Dongdong., Zheng, Lu., Luo, Wenjun., Luo, Xiang., Gong, Rongzhou., dan Zhang, Meijie. 2020. Molten Salt Synthesis, Formation Mechanism and Greatly Enhanced Magnetic Properties of Randomly Oriented BaM Ferrite. *Journal of Alloys and Compounds*, 827: 1-8.
- Liang, Zhenhua., Tang, Kaibin., Shao, Qian., Li, Guocan., Zeng, Suyuan., dan Zheng, Huagui. 2008. Synthesis, Crystal Structure, and Photocatalytic Activity of A New Two-Layer Ruddlesden-Popper Phase, $Li_2CaTa_2O_7$. *Journal of Solid State Chemistry*, 181(4): 964-970.
- Liu, Miaomiao., Li, Fengyan., Sun, Zhixia., Ma, Lifang., Xu, Lin., dan Wang, Yuanhong. 2014. Noble-Metal-Free Photocatalysts MoS_2 -Graphene/CdS Mixed Nanoparticles/Nanorods Morphology with High Visible Light Efficiency for H_2 Evolution. *Chemical Communications*, 50: 11004–11007.
- Liu, Song., Guo, Enyan., dan Yin, Longwei. 2012. Tailored Visible-Light Driven Anatase TiO_2 Photocatalysts Based on Controllable Metal Ion Doping and Ordered Mesoporous Structure. *Journal of Materials Chemistry*, 22(11): 5031–5041.
- Liu, Xuanxuan., Xu, Lei., Huang, Yanlin., Qin, Chuanxiang., Qin, Lin., dan Seo, Hyo Jin. 2017. Improved Photochemical Properties of Aurivillius $Bi_5Ti_3FeO_{15}$ with Partial Substitution of Ti^{4+} with Fe^{3+} . *Ceramics International*, 43(15): 12372–12380.
- Long, Zeqing., Li, Qiang., Wei, Ting., Zhang, Guangming., dan Ren, Zhijun. 2020. Historical Development and Prospects of Photocatalysts for Pollutant Removal in Water. *Journal of Hazardous Materials*, 395: 1-94.
- Lu, Yongchun., Wang, Lingling., Wang, Dejun., Xie, Tengfeng., Chen, Liping., dan Lin, Yanhong. 2011. A Comparative Study on Plate-Like and Flower-

Like ZnO Nanocrystals Surface Photovoltage Property and Photocatalytic Activity. *Materials Chemistry*, 129: 281–287.

- Lv, Chade., Chen, Gang., Sun, Jingxiu., dan Zhou, Yansong. 2016. Construction of α - β Phase Junction on $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$ via Electrospinning Retardation Effect and its Promoted Photocatalytic Performance. *Inorganic Chemistry*, 55: 4782–4789.
- Ma, Xiao., Xue, Lihong., Yin, Shengming., Yang, Miao., dan Yan, Youwei. 2014. Preparation of V-Doped TiO_2 Photocatalysts by The Solution Combustion Method and their Visible Light Photocatalysis Activities. *Journal Wuhan University of Technology. Materials Science Edition*, 29(5): 863–868.
- Marrocchelli, Dario., Bishop, Sean R., Tuller, Harry L., dan Yildiz Bilge. 2012. Understanding Chemical Expansion in Non-Stoichiometric Oxides: Ceria and Zirconia Case Studies. *Advanced Functional Materials*, 22: 1958–1965.
- Mazloom, J., Ghodsi, F. E., dan Golmojdeh, H. 2015. Synthesis and Characterization of Vanadium Doped SnO_2 Diluted Magnetic Semiconductor Nanoparticles with Enhanced Photocatalytic Activities. *Journal of Alloys and Compounds*, 639: 393–399.
- Miao, Yu., Zhang, Haijiao., Yuan, Shuai., Jiao, Zheng., dan Zhu, Xuedong. 2016. Preparation of Flower-Like ZnO Architectures Assembled with Nanosheets for Enhanced Photocatalytic Activity. *Journal of Colloid and Interface Science*, 642: 9–18.
- Opoku, Francis., Govender, Krishna Kuben., Sittert, Cornelia Gertina Chatarina Elizabeth Van., dan Govender, Penny Poomani. 2018. Tuning the Electronic Structures, Work Functions, Optical Property and Stability of Bifunctional Hybrid Graphene Oxide/V-Doped NaNbO_3 Type-II Heterostructures: A Promising Photocatalyst for H_2 Production. *Carbon*, 136: 187-195.
- Petrovic, Mirjana M. Vijatovic., dan Bobic, Jelena D. 2018. Perovskite and Aurivillius: Types of Ferroelectric Metal Oxides. *Magnetic, Ferroelectric, and Multiferroic Metal Oxides*. ISBN 978-0-12-814503-6.
- Qi, Wenzhi., Wang, Yaqiong., Wu, Jiyue., Hu, Zimeng., Jia, Chenglong., dan Zhang, Hongtao. 2019. Relaxor Ferroelectric and Photocatalytic Properties of $\text{BaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$. *Advances in Applied Ceramics*, 118(7): 418–424.
- Ramana, E Venkata., Prasad, N.V., Tobaldi, David Maria., Zavasnik, Janez., Singh, M.K., Hortiguera, Maria Jesus., Seabra, M.P., Prasad, G., dan Valente, M.A. 2017. Effect of Samarium and Vanadium Co-Doping on Structure, Ferroelectric and Photocatalytic Properties of Bismuth Titanate. *Royal Society of Chemistry Advances*, 7: 9680-9692.

- Rout, S. K., Hussian, Ali., Lee, J. S., Kim, I. W., dan Woo, S. I. 2009. Impedance Spectroscopy and Morphology of $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ Ceramics Prepared by Soft Chemical Method. *Journal of Alloys and Compounds*, 477: 706–711.
- Saito, Yasuyoshi., dan Takao, Hisaaki. 2006. Synthesis of Platelike {100} SrTiO_3 Particles by Topochemical Microcrystal Conversion and Fabrication of Grain-Oriented Ceramics. *Japanese Journal of Applied Physics, Part 1: Regular Papers and Short Notes and Review Papers*, 45: 7377–7381.
- Salah, Numan., Hameed, A., Aslam, M., Babkair, Saeed S., dan Bahabri, F. S. 2016. Photocatalytic Activity of V Doped ZnO Nanoparticles Thin Films for The Removal of 2-Chlorophenol from The Aquatic Environment Under Natural Sunlight Exposure. *Journal of Environmental Management*, 177: 53–64.
- Samsudin, Emy Marlina., dan Hamid, Sharifah Bee Abd. 2017. Effect of Band Gap Engineering in Anionic-Doped TiO_2 Photocatalyst. *Applied Surface Science*, 391: 326–336.
- Shihab, M.Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qu ran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Subramaniam, Mahesan Naidu., Goh, Pei-Sean., Lau, Woei-Jye., Ng, Be-Cheer., dan Ismail, Ahmad F. 2019. Development of Nanomaterial-Based Photocatalytic Membrane for Organic Pollutants Removal. *Advanced Nanomaterials for Membrane Synthesis and its Applications*. ISBN 978-0-12-814503-6.
- Sun, Hui., Yao, Tianshu., Xie, Xi., Lu, Yuxi., Wang, Yan., Xu, Zirou., Han, Jie., dan Chen, Xiaobing. 2019. Ni, Eu-Co Doping Effect on The Photocatalytic Activity and Magnetic Recyclability in Multifunctional Single-Phase Photocatalysts $\text{Bi}_5\text{FeTi}_3\text{O}_{15}$. *Journal of Colloid and Interface Science*, 534: 499–508.
- Ti, Ruixia., Wang, Chaoyang., Wu, Huarui., Xu, Yan., dan Zhang, Chenyang. 2019. Study on The Structural and Magnetic Properties of Fe/Co Co-Doped $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Ceramics. *Ceramics International*, 45(6): 7480-7487.
- Tri, Nguyen Le Minh., Trung, Do Quang., Thuan, Doan Van., Cam, Nguyen Thi Dieu., Tahtamouni, Talal Al., Pham, Thanh-Dong., Duc, Dao Sy., Tung, Mai Hung Thanh., Ha, Hoang Van., Thu, Ngo Hong Anh., dan Trang, Hoang Thu. 2019. The Advanced Photocatalytic Performance of V Doped CuWO_4 for Water Splitting to Produce Hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(36): 18186–18194.
- Tu, Shuchen., Zhang, Yihe., Reshak, Ali H., Auluck, Sushil., Ye, Liqun., Han, Xiaopeng., Ma, Tianyi., dan Huang, Hongwei. 2018. Ferroelectric

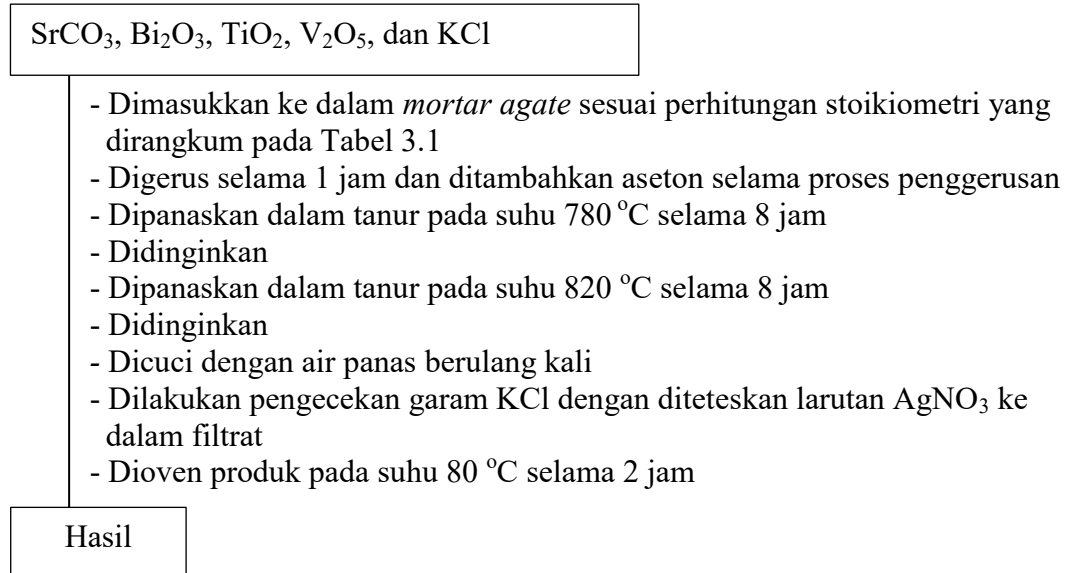
- Polarization Promoted Bulk Charge Separation for Highly Efficient CO₂ Photoreduction of SrBi₄Ti₄O₁₅. *Nano Energy*, 56:840–850.
- Wahba, Mohammed Ahmed., dan Yakout, Saad Mabrouk. 2019. Innovative Visible Light Photocatalytic Activity for V-Doped ZrO₂ Structure: Optical, Morphological, and Magnetic Properties. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 92(3): 628–640.
- Wang, Jun., Ye, Xinxin., Yaer, Xinba., Wu, Yin., dan Zhang, Boyu., Miao, Lei. 2015. Key to Enhance Thermoelectric Performance by Controlling Crystal Size of Strontium Titanate. *Modern Physics Letters B*, 29(28): 1550167.
- Wang, Qian., Cao, Zhao-Peng., Wang, Chun-Ming., Fu, Qing-Wei., Yin, De-Fu., dan Tian, Hu-He. 2016. Thermal Stabilities of Electromechanical Properties in Cobalt-Modified Strontium Bismuth Titanate (SrBi₄Ti₄O₁₅). *Journal of Alloys and Compounds*, 674: 37–43.
- Wang, Tong., dan Xu, Tao. 2016. Effects of Vanadium Doping on Microstructures and Optical Properties of TiO₂. *Ceramics International*, 43(1): 1558–1564.
- Wang, Yonggang., Ma, Junfeng., Tao, Jiantao., Zhu, Xiaoyi., Zhou, Jun., Zhao, Zhongqiang., Xie, Lijin., dan Tian, Hua. 2006. Synthesis of CaWO₄ Nanoparticles by A Molten Salt Method. *Materials Letters*, 60: 291–293.
- Wang, Yuxin., Li, Xinyong., Wang, Ning., Quan, Xie., dan Chen, Yongying. 2008. Controllable Synthesis of ZnO Nanoflowers and Their Morphology-Dependent Photocatalytic Activities. *Separation and Purification Technology*, 62(3): 727–732.
- Wen, Xiao., He, Can., Wu, Bogang., Huang, Ximing., Huang, Zhaohui., Yin, Zhaoyu., Liu, Yangai., Fang, Minghao., Wu, Xiaowen., dan Min, Xin. 2019. Molten Salt Synthesis, Growth Mechanism, and Photoluminescence of Rod Chlorapatite Microcrystallites. *CrystEngComm*, 21(11): 1809–1817.
- Wu, Weiming., Liang, Shijing., Wang, Xiaowei., Bi, Jinhong., Liu, Ping., dan Wu, Ling. 2011. Synthesis, Structures and Photocatalytic Activities of Microcrystalline ABi₂Nb₂O₉ (A= Sr, Ba) Powders. *Journal of Solid State Chemistry*, 184(1): 81–88.
- Xu, You., Huang, Yi., dan Zhang, Bin. 2016. Rational Design of Semiconductor-Based Photocatalysts for Advanced Photocatalytic Hydrogen Production: The Case of Cadmium Chalcogenides. *Inorganic Chemistry Frontiers*, 3(5): 591–615.

- Yang, Yahui., Chen, Qiyuan., Yin, Zhoulan., dan Li, Jie. 2009. Study on The Photocatalytic Activity of $K_2La_2Ti_3O_{10}$ Doped with Vanadium (V). *Journal of Alloys and Compounds*, 488(1): 364–369.
- Yu, Yuhong., Zheng, Haiwu., Zhang, Xinan., Liang, Xiao., Yue, Gentian., Li, Fengzhu., Zu, Mingsai., Li, Tianfeng., Tian, Jianjun., dan Yin, Guosheng. 2016. An Efficient Dye-Sensitized Solar Cell with A Promising Material of $Bi_4Ti_3O_{12}$ Nanofibers/Graphene. *Electrochimica Acta*, 215: 543–549.
- Zeid, Essam F Abo., Ibrahim, Ibrahim A., Ali, Atif Mossad., Mohamed, Walied A.A. 2019. The effect of CdO Content on The Crystal Structure, Surface Morphology, Optical Properties and Photocatalytic Efficiency of P-Nio/N-Cdo Nanocomposite. *Result in Physics*, 12: 562-570
- Zhang, Guan., Liu, Gang., Wang, Lianzhou., dan Irvine, John T.S. 2016. Inorganic Perovskite Photocatalysts for Solar Energy Utilization. *Chemical Society Reviews*, 45(21): 5951–5984.
- Zhang, Hongjie., Chen, Gang., dan Li, Xin. 2009. Synthesis and Visible Light Photocatalysis Water Splitting Property of Chromium-Doped $Bi_4Ti_3O_{12}$. *Solid State Ionics*, 180(36-39): 1599-1603.
- Zhang, Xianghui., Zhang, Haoran., Jiang, Haitao., Yu, Fei., dan Shang, Zhongrui. 2020. Hydrothermal Synthesis and Characterization of Ce^{3+} Doped Bi_2MoO_6 for Water Treatment. *Catalysis Letters*, 150(1): 159–169.
- Zhao, Wei., Jia, Zhen., Lei, E., Wang, Ligu., Li, Zhaoyang., dan Dai, Yejing. 2013. Photocatalytic Degradation Efficacy of $Bi_4Ti_3O_{12}$ Micro-Scale Platelets Over Methylene Blue Under Visible Light. *Journal of Physic and Chemistry of Solid*, 74(11): 1604–1607.
- Zhou, Xuefan., Wu, Zhong., Jiang, Chao., Luo, Hang., Zhongna Yan., dan Zhang, Dou. 2018. Molten Salt Synthesis and Characterization of Lead-Free $(1-x)Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3-xSrTiO_3$ ($x= 0, 0.10, 0.26$) Whiskers. *Ceramics International*, 44(8): 9174-9180.

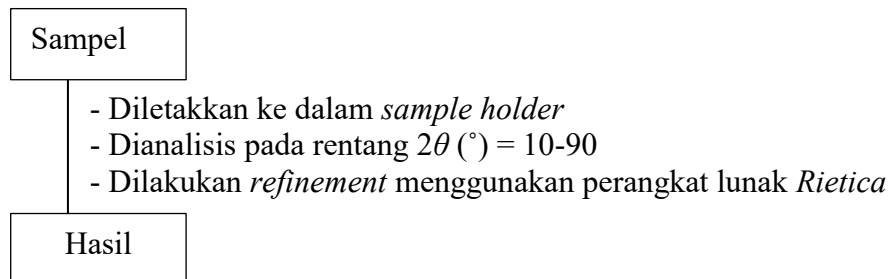
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir

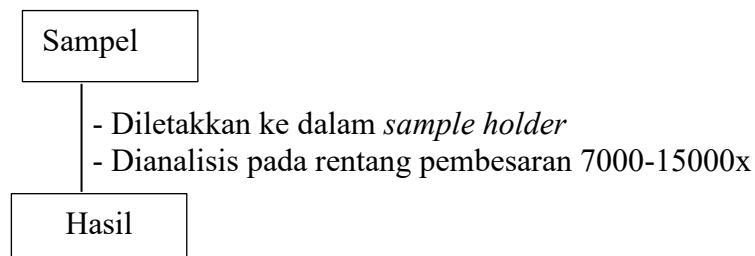
L.1.1 Sintesis $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ dengan Metode Lelehan Garam



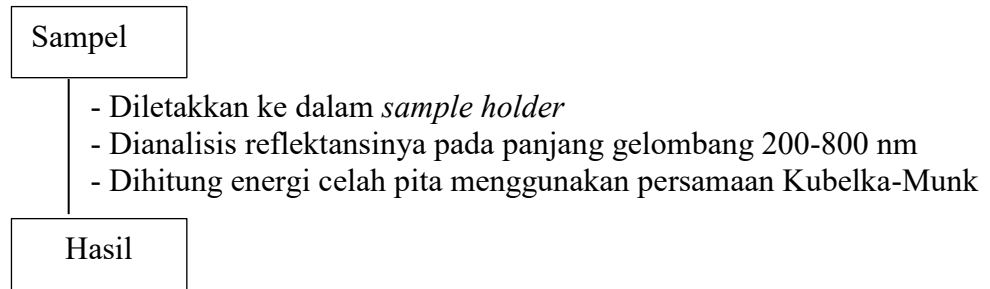
L.1.2 Karakterisasi dan Analisis Data Menggunakan Instrumen XRD



L.1.3 Karakterisasi dan Analisis Data Menggunakan Instrumen SEM

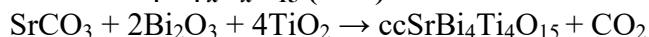


L.1.4 Karakterisasi dan Analisis Data Menggunakan Instrumen UV-Vis DRS



Lampiran 2. Perhitungan

L.2.1 SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0)

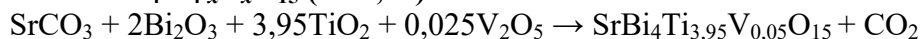


$$\begin{aligned} n \text{ SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} &= \frac{\text{Massa}}{\text{Mr}} \\ &= \frac{3 \text{ g}}{1355,0096 \text{ g/mol}} \\ &= 0,002214006 \text{ mol} \end{aligned}$$

Massa yang diperlukan :

$$\begin{aligned} - \text{SrCO}_3 &= \text{Mr} \times n \text{ SrCO}_3 \\ &= 147,631 \text{ g/mol} \times 0,002214006 \text{ mol} = 0,326855323 \text{ g} \\ - \text{Bi}_2\text{O}_3 &= \text{Mr} \times n \text{ Bi}_2\text{O}_3 \\ &= 465,9608 \text{ g/mol} \times 0,004428012 \text{ mol} = 2,063280437 \text{ g} \\ - \text{TiO}_2 &= \text{Mr} \times n \text{ TiO}_2 \\ &= 79,867 \text{ g/mol} \times 0,0088560258 \text{ mol} = 0,707304213 \text{ g} \\ - n \text{ KCl} &= 7 \times \text{mol SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15} \\ &= 7 \times 0,002214006 \text{ mol} = 0,0154980452 \text{ mol} \\ - \text{Massa KCl} &= \text{Mr} \times \text{mol KCl} \\ &= 74,5513 \text{ g/mol} \times 0,0154980452 \text{ mol} = 1,155399416 \text{ g} \end{aligned}$$

L.2.2 SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0,05)



$$\begin{aligned} n \text{ SrBi}_4\text{Ti}_{3,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{15} &= \frac{\text{Massa}}{\text{Mr}} \\ &= \frac{3 \text{ g}}{1355,163325 \text{ g/mol}} \\ &= 0,002213775 \text{ mol} \end{aligned}$$

Massa yang diperlukan :

$$\begin{aligned} - \text{SrCO}_3 &= \text{Mr} \times n \text{ SrCO}_3 \\ &= 147,631 \text{ g/mol} \times 0,002213775 \text{ mol} = 0,326818245 \text{ g} \\ - \text{Bi}_2\text{O}_3 &= \text{Mr} \times n \text{ Bi}_2\text{O}_3 \\ &= 465,9608 \text{ g/mol} \times 0,004427511 \text{ mol} = 2,063046386 \text{ g} \\ - \text{TiO}_2 &= \text{Mr} \times n \text{ TiO}_2 \\ &= 79,867 \text{ g/mol} \times 0,008744343 \text{ mol} = 0,69838368 \text{ g} \\ - \text{V}_2\text{O}_5 &= \text{Mr} \times n \text{ V}_2\text{O}_5 \end{aligned}$$

$$= 181,883 \text{ g/mol} \times 0,0000553439 \text{ mol} = 0,010066111 \text{ g}$$

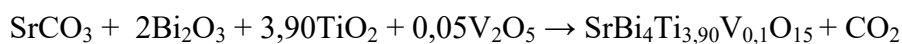
$$\text{- n KCl} = 7 \times \text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{15}$$

$$= 7 \times 0,002213775 \text{ mol} = 0,015496287 \text{ mol}$$

$$\text{- Massa KCl} = \text{Mr} \times \text{mol KCl}$$

$$= 74,5513 \text{ g/mol} \times 0,015496287 \text{ mol} = 1,155268351 \text{ g}$$

L.2.3 SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0,1)



$$\text{n SrBi}_4\text{Ti}_{3,90}\text{V}_{0,1}\text{O}_{15} = \frac{\text{Massa}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3 \text{ g}}{1355,31705 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,002213504 \text{ mol}$$

Massa yang diperlukan :

$$\text{- SrCO}_3 = \text{Mr} \times \text{n SrCO}_3$$

$$= 147,631 \text{ g/mol} \times 0,002213504 \text{ mol} = 0,326781176 \text{ g}$$

$$\text{- Bi}_2\text{O}_3 = \text{Mr} \times \text{n Bi}_2\text{O}_3$$

$$= 465,9608 \text{ g/mol} \times 0,004427008 \text{ mol} = 2,062812388 \text{ g}$$

$$\text{- TiO}_2 = \text{Mr} \times \text{n TiO}_2$$

$$= 79,867 \text{ g/mol} \times 0,008632666 \text{ mol} = 0,68946517 \text{ g}$$

$$\text{- V}_2\text{O}_5 = \text{Mr} \times \text{n V}_2\text{O}_5$$

$$= 181,883 \text{ g/mol} \times 0,000110675 \text{ mol} = 0,020129939 \text{ g}$$

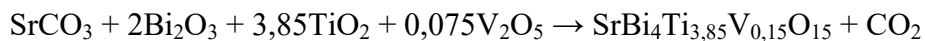
$$\text{- n KCl} = 7 \times \text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,90}\text{V}_{0,1}\text{O}_{15}$$

$$= 7 \times 0,002213504 \text{ mol} = 0,015494548 \text{ mol}$$

$$\text{- Massa KCl} = \text{Mr} \times \text{mol KCl}$$

$$= 74,5513 \text{ g/mol} \times 0,015494529 = 1,155137316 \text{ g}$$

L.2.4 SrBi₄Ti_{4-x}V_xO₁₅ (x= 0,15)



$$\text{n SrBi}_4\text{Ti}_{3,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{15} = \frac{\text{Massa}}{\text{Mr}}$$

$$= \frac{3 \text{ g}}{1355,470775 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,002213253 \text{ mol}$$

Massa yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 - \text{SrCO}_3 &= \text{Mr} \times n \text{ SrCO}_3 \\
 &= 147,631 \text{ g/mol} \times 0,002213253 \text{ mol} = 0,326744116 \text{ g} \\
 - \text{Bi}_2\text{O}_3 &= \text{Mr} \times n \text{ Bi}_2\text{O}_3 \\
 &= 465,9608 \text{ g/mol} \times 0,004426506 \text{ mol} = 2,062578443 \text{ g} \\
 - \text{TiO}_2 &= \text{Mr} \times n \text{ TiO}_2 \\
 &= 79,867 \text{ g/mol} \times 0,008521025 \text{ mol} = 0,680548682 \text{ g} \\
 - \text{V}_2\text{O}_5 &= \text{Mr} \times n \text{ V}_2\text{O}_5 \\
 &= 181,883 \text{ g/mol} \times 0,000165994 \text{ mol} = 0,030191485 \text{ g} \\
 - n \text{ KCl} &= 7 \times \text{mol SrBi}_4\text{Ti}_{3,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{15} \\
 &= 7 \times 0,002213253 \text{ mol} = 0,015492772 \text{ mol} \\
 - \text{Massa KCl} &= \text{Mr} \times \text{mol KCl} \\
 &= 74,5513 \text{ g/mol} \times 0,015492772 \text{ mol} = 1,155006311 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Contoh Perhitungan *Crystallite Size*

Perhitungan *Crystallite Size* menggunakan persamaan Debye-Scherrer sebagaimana yang ditampilkan pada persamaan 3.1. Berikut ini adalah contoh perhitungan *crystallite size* $\text{SrBi}_4\text{Ti}_{4-x}\text{V}_x\text{O}_{15}$ ($x=0$) pada bidang hkl 119. Data-data yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$K = 0,9$$

$$\lambda (K\alpha) = 1,54060$$

$$\beta (\text{FWHM}) = 0,149$$

$$2\theta = 30,373 \rightarrow \theta = \frac{30,373}{2} = 15,1865$$

Sehingga *Crystallite Size* $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ adalah

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} = \frac{0,9 \times 1,54060}{0,149 \times \cos 15,1865} = 55,24 \text{ nm}$$