

**SINTESIS MATERIAL  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) DENGAN  
METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
ANINDA QUINSY AURENTIA  
NIM. 17630042**



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

**SINTESIS MATERIAL  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) DENGAN  
METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
ANINDA QUINSY AURENTIA  
NIM. 17630042**

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

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

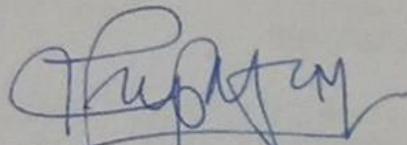
**SINTESIS MATERIAL SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) DENGAN  
METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**ANINDA QUINSY AURENTIA**  
NIM. 17630042


Telah Diperiksa dan Disetujui oleh :

**Pembimbing I**



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

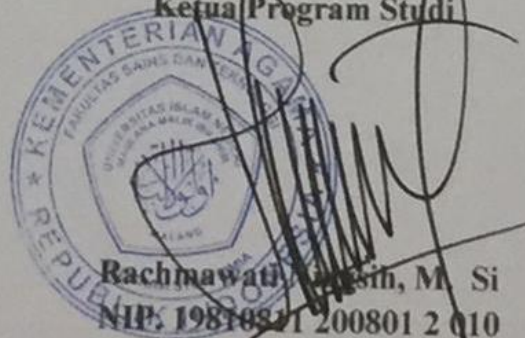
**Pembimbing II**



**Lulu'atul Hamidatu Ulya, M. Sc**  
NIDT. 19900906 20180201 2 239

**Mengetahui**

**Ketua Program Studi**



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

**SINTESIS MATERIAL SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) DENGAN  
METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**ANINDA QUINSY AURENTIA**  
NIM. 17630042

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal : 23 Juni 2023

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

(.....)

Ketua Penguji : Armeida Dwi Ridhowati Madjid, M. Si  
NIP. 19890527 201903 2 016

(.....)

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

(.....)

Anggota Penguji : Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc  
NIDT. 19900906 20180201 2 239

(.....)

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Rachmawati Ningsih, M.Si  
NIP. 19810811200801 2 010

## PERNYATAAN ORISINALITAS TULISAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Aninda Quinsy Aurentia

NIM : 17630042

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : SINTESIS MATERIAL  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x=0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) DENGAN METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl

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

Malang, 23 Juni 2023  
Yang membuat pernyataan,



*Aninda Quinsy Aurentia*  
Aninda Quinsy Aurentia  
NIM.17630042

## MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

*My suffering became easier because my Lord promised me ease, not once, but twice.*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam. Atas izin Allah akhirnya saya bisa menyelesaikan tulisan berbobot 6 SKS ini. *These past 2,5 years is such a long and tiring journey.* Terimakasih telah mencoba untuk untuk terus melangkah meskipun ada hari dimana langkahmu terasa lebih berat, memberanikan diri untuk menghadapi segala ketakutan serta membiarkan dirimu berproses dengan alami.

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, bapak Soegeng Santoso dan ibu Trisnurini Tantrianingrum yang senantiasa mendukung, mencurahkan kasih sayang, memberi kepercayaan serta mendoakan untuk keselamatan diri, kelancaran urusan, dan agar saya selalu dalam lindungan Allah Swt. dimanapun saya berada. Terutama untuk Ibu yang selalu bersabar dan berjuang sangat keras selama enam tahun untuk membiayai perkuliahan saya seorang diri hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. *Thank you for take me as I am,* saya belajar banyak tentang makna perjuangan, kasih sayang dan kesabaran dari Ibu. *You are my world, my role model, and also my forever number one priority, Ibu. I love you beyond everything in this world.*

Keluarga inti saya, mbak Anindita, mas Bayu, serta kedua keponakan kembar saya yang menggemaskan; Maryam dan Khadijah. Terimakasih atas doa dan dukungannya selama ini. Terimakasih telah turut mengisi kekosongan dan menghibur di saat saya sedang jenuh meskipun sebatas melalui *video call*.

Seluruh dosen, laboran, serta *staff* di Program Studi Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan banyak ilmu kimia, ilmu agama, maupun ilmu kehidupan. Terkhusus untuk Pak Anton Prasetyo selaku dosen wali, dosen pembimbing PKL dan dosen pembimbing skripsi. Terimakasih atas segala ilmu, bimbingan, pikiran dan tenaga yang telah dicurahkan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Rasa terimakasih tak lupa saya haturkan kepada Bu Rachmawati Ningsih selaku Kaprodi, Bu Lulu'atul Hamidatu Ulya selaku pembimbing agama, Bu Eny Yulianty selaku penguji utama, dan Bu Armeida Dwi Ridlowati Madjid selaku ketua penguji. Atas dukungan, kritik, nasihat, kesabaran dan kelapangan Ibu sekalian saya bisa menjadi pribadi yang lebih baik dalam bersikap dan bertindak.

Rania Thaharin, sahabat saya sejak di bangku sekolah yang sampai sekarang masih menemani saya dalam perjalanan ini. Terimakasih telah kebersamai proses penyelesaian skripsi saya sejak pertama kali saya diminta untuk bertemu dengan Pak Anton. *But you keep saying "fake it till you make it, Nend!". Thank you for always by my side. I owe you the world.*

Elza Nurhidayati, teman belajar sekaligus sahabat yang kebersamai dan mendukung saya sejak masa pandemi. Elza adalah sosok yang menyenangkan, tekun dan sabar. Saat ada hari di mana saya merasa *insecure* dengan pencapaian teman-teman yang lain, namun Elza selalu memberi dukungan dan percaya bahwa saya juga bisa. Terimakasih, ya, Za atas segala kebaikanmu selama ini. *I'm so grateful to know you.*

Sahabat saya; Fikri, Nuriyah, Silvia, Alivia, Soy, Ilham, Taufiqurrahman, Dhema, *and also my unbiological sister*; Yudintya *and* Mantika yang selalu menemani dan menghibur saya selama ini. Terkhusus untuk Fikri yang telah kebersamai saya berproses selama lima tahun terakhir. Terimakasih atas dukungan, kesabaran dan pengertiannya. *I couldn't describe it by words*. Juga untuk Ucha yang tanpa sadar juga telah menjadi sahabat terdekat saya sejak semester tiga. Terimakasih atas kebaikan, bantuan dan dukungannya selama ini. Terutama saat masa genting di bulan Juni 2023, Ucha sangat mendukung saya dalam mengatur strategi agar saya dapat menyelesaikan semua berkas kelengkapan untuk pendaftaran skripsi, membantu mengeditkan naskah skripsi dan juga telah menjadi satu satunya teman yang sampai saat ini mau mendengarkan cerita saya.

Diajeng N. M. P. A. yang telah banyak membantu dan mendukung saya selama proses penyelesaian skripsi. Terimakasih atas seluruh tenaga, waktu, emosi dan pikiran sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih sudah membantu saya sejak hari pertama saya akan memulai penelitian di laboratorium, mendengarkan keluh kesah saya saat penelitian, menyempatkan waktu di sela kesibukan untuk mengajari saya mengolah data karakterisasi hingga tengah malam, mencarikan solusi saat saya kesulitan mengolah data XRD, dan menunggu saya selesai Seminar Hasil agar kami bisa bersama-sama foto studio untuk melengkapi berkas pendaftaran siding skripsi. *I couldn't survive this year without you*, Ajeng. *Thank you for always got my back*.

Suci N. H., Puspa S., dan Kanty M. yang telah membantu saya belajar selama penyusunan naskah skripsi dan juga dalam memahami materi yang ada di dalam skripsi ini. Terimakasih atas segala bantuannya, semoga Allah membalas kebaikan kalian berkali-kali lipat.

Teman-teman penelitian di Laboratorium Kimia Fisika Riset; Silvie, Ana, Dita, Vani, dan Laila. Meskipun saya melakukan penelitian hanya dalam waktu yang singkat, namun saya merasa bersyukur karena bertemu dengan teman-teman di laboratorium yang saling mendukung satu sama lain. Terutama untuk Silvie yang telah banyak membantu dan menemani selama saya menjalankan penelitian di laboratorium. Terimakasih atas segala bantuan, hiburan, dan dukungan selama ini. Tak lupa juga untuk Ana yang turut kebersamai saya dalam proses penyelesaian skripsi dengan Ajeng. Terimakasih atas dukungan dan hiburannya.

Album musik Tulus berjudul Manusia, lagu berjudul Satu Kali, Remedi, Mahakarya, Cahaya dan Lekas yang selalu menjadi tameng di saat saya hampir putus asa menjalani proses penyelesaian skripsi. Terimakasih atas karyanya yang luar biasa karena telah kebersamai saya sejak saya kelas 8 SMP sampai saat ini.

*Last, eventho we all have someone to share but there always be unspoken truth of struggles I'm facing that I rather keep it by myself. I'm so proud of how I handled myself to passed this test because I don't wanna be a burden to anybody and also I just couldn't figured it out how to tell them while convincing I can do it by my own. I learnt a lot from this process. My Atlantis, I win. 🏆*



## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul Sintesis Material  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) dengan Metode Lelehan Garam Campuran NaCl-KCl. Selawat dan salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad saw. yang selalu menyebarkan dan mengembangkan ajaran Islam kepada umatnya.

Selanjutnya, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan skripsi ini, baik berupa dorongan moril serta materiil. Penulis yakin tanpa bantuan dan dukungan tersebut, sulit rasanya bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Dengan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si, selaku Dosen pembimbing I dan Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Si, selaku Dosen pembimbing II yang telah sabar dalam membantu dan membimbing penyusunan skripsi ini.

Sebagai seorang manusia dengan keterbatasan ilmu pengetahuan yang dikuasai, penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna sehingga membutuhkan kritik, saran, dan bimbingan yang bersifat membangun. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri maupun pembaca. Terima kasih.

Malang, 22 Juni 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS TULISAN .....	iv
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR PERSAMAAN .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
مستخلص البحث .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Masalah .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Senyawa SrTiO <sub>3</sub> .....	7
2.2 Fotokatalis .....	7
2.3 SrTiO <sub>3</sub> sebagai Material Fotokatalis .....	8
2.4 Strategi Pendopongan untuk Menurunkan Energi Celah Pita Material SrTiO <sub>3</sub> .....	10
2.5 Pengaruh Morfologi Partikel pada Aktivitas Fotokatalis .....	11
2.7 Sintesis SrTiO <sub>3</sub> dengan Metode Lelehan Garam .....	13
2.8 Menjaga Kelestarian Lingkungan dalam Perspektif Islam .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.2.1 Alat .....	17
3.2.2 Bahan .....	17
3.3 Prosedur Penelitian .....	17
3.4 Prosedur Kerja .....	18
3.4.1 Preparasi Bahan .....	18
3.4.2 Sintesis SrTiO <sub>3</sub> Terdoping V dengan Metode Lelehan Garam .....	19
3.4.3 Karakterisasi SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) dengan XRD .....	19
3.4.4 Karakterisasi SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) dengan SEM .....	19

3.4.5 Karakterisasi SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) dengan UV-Vis DRS20	
3.5 Analisis Data .....	20
3.5.1 Analisis Data XRD .....	20
3.5.2 Analisis Data SEM .....	20
3.5.3 Analisis Data UV-Vis DRS .....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
4.1 Sintesis SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) dengan Metode Lelehan Garam.....	22
4.2 Karakterisasi dan Analisis SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan XRD .....	23
4.3 Karakterisasi dan Analisis SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan SEM .....	25
4.4 Karakterisasi dan Analisis SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan UV-Vis DRS .....	26
4.5 Sintesis Senyawa SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) dalam Perspektif Islam.....	29
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>33</b>
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>34</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>37</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir.....	37
Lampiran 2. Perhitungan Preparasi Bahan.....	39
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD .....	42
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM.....	46
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-Vis DRS .....	46

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Struktur SrTiO<sub>3</sub> dengan bola merah mewakili atom O, bola hijau tua mewakili atom Sr, dan bola hijau muda mewakili atom Ti ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2 Mekanisme reaksi fotokatalitik ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3 (a) Spektra UV-Vis DRS dan (b) Plot Tauc-Mott sampel SrTiO<sub>3</sub> dan SrTiO<sub>3</sub>/rGO (1%) nanokomposit..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4 Persen degradasi RhB, CIPRO dan IBP oleh STO/GO ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5 (a) Kemampuan degradasi MG, dan (b) kemampuan degradasi RhB oleh SrTiO<sub>3</sub>..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6 Degradasi fotokatalitik oleh berbagai zat pewarna dalam kurun waktu yang sama: (a) larutan blanko (b) dengan nanopartikel SrTiO<sub>3</sub>.. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7 Konstanta laju SrTiO<sub>3</sub> terdoping Vanadium .... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8 Rasio degradasi Fotokatalitik FSTO dalam mendegradasi TC. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9 Spektra UV-Vis DRS dari sampel SrTiO<sub>3</sub> yang memiliki beragam bentuk ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10 Tahapan proses sintesis oksida perovskit dengan metode lelehan garam..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.11 Difraktogram senyawa SrTi<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15 dan 0,2) metode lelehan garam tunggal NaCl... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.12 Reduksi CO<sub>2</sub> terhadap sampel SrTiO<sub>3</sub> dengan morfologi yang berbeda ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.1 Perubahan warna sampel secara berurutan sebelum dan sesudah kalsinasi untuk sampel (a) SrTiO<sub>3</sub>, (b) SrTi<sub>0,95</sub>V<sub>0,05</sub>O<sub>3</sub>, (c) SrTi<sub>0,9</sub>V<sub>0,1</sub>O<sub>3</sub>, (d) SrTi<sub>0,85</sub>V<sub>0,15</sub>O<sub>3</sub>..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2 Difraktogram senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15).....28
- Gambar 4.3 Pergeseran puncak difraksi sinar-X pada sudut 2θ= 32,463° senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4 Hasil SEM senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5 Spektra DRS hubungan nilai reflektansi dengan panjang gelombang senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6 Spektra DRS plot Tauc penentuan energi celah pita senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7 Dugaan diagram pita energi SrTiO<sub>3</sub> terdoping Vanadium..... **Error! Bookmark not defined.**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran kristalit SrTiO <sub>3</sub> dengan morfologi yang berbeda. ....	14
Tabel 3.1 Massa bahan prekursor yang untuk senyawa SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> . ....	18
Tabel 4.1 Massa bahan yang tertimbang untuk mendapatkan senyawa SrTi <sub>1-x</sub> V <sub>x</sub> O <sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15).....	26

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 3.1 Kubelka-Munk.....	25
Persamaan 4.1 Reaksi pembentukan $\text{SrTiO}_3$ .....	28
Persamaan 4.2 Reaksi pembentukan $\text{SrTiO}_3$ terdoping V.....	28
Persamaan 4.3 Hukum Bragg.....	29
Persamaan 4.4 Karakter ionik.....	34
Persamaan 4.5 Karakter ionik Ti.....	34
Persamaan 4.5 Karakter ionik V.....	34



## ABSTRAK

Aurentia, Aninda Q. 2023. **Sintesis Material SrTiO<sub>3</sub> Terdoping Vanadium dengan Metode Lelehan Garam Campuran NaCl-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: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M. Sc.

---

**Kata Kunci:** SrTiO<sub>3</sub>, Fotokatalis, Energi celah pita, Vanadium, Metode lelehan garam

Senyawa perovskit SrTiO<sub>3</sub> dilaporkan berpotensi digunakan sebagai material fotokatalis dengan energi celah pita 3,2 eV sehingga hanya bekerja pada daerah sinar UV. Salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk menurunkan energi celahh pita material fotokatalis adalah strategi pendopingan menggunakan logam transisi vanadium (V).

Penelitian ini telah dilakukan sintesis senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) dengan metode lelehan garam NaCl-KCl. Hasil penelitian ini diperoleh difraktogram sampel yang menunjukkan senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) telah berhasil disintesis dan ditemukan pengotor berupa TiO<sub>2</sub> rutil pada  $x= 0$  serta SrCO<sub>3</sub> pada  $x= 0$  dan  $x= 0,15$ . Mikrograf SEM menunjukkan morfologi *plate-like* yang cenderung teraglomerasi. Spektrum UV-Vis DRS menunjukkan bahwa SrTiO<sub>3</sub> mengalami penurunan energi celah pita setelah didoping logam transisi V dari 3,2 ke 2,95 eV. Penurunan energi celah pita akan semakin besar seiring dengan pergeseran panjang gelombang lebih mendekati daerah sinar tampak dan bertambahnya konsentrasi dopan.

## ABSTRACT

Aurentia, Aninda Q. 2023. **Synthesis of Vanadium Doped Material SrTiO<sub>3</sub> using Molten Salt Method with Mix NaCl-KCl Salt**. THESIS. Chemistry Departement. Faculty of Science and Technology. Universitas Islam Negeri Maulana Ibrahim Malang. Advisor I: Dr. Anton Prasetyo, M. Si; Advisor II: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M. Sc.

---

**Key words:** SrTiO<sub>3</sub>, Photocatalyst, Energi celah pita, Vanadium, Molten salt method

The perovskite SrTiO<sub>3</sub> compound is reported to have the potential to be used as a photocatalyst material with a band gap energy of 3.2 eV so that it only works in the UV light. One strategy that can be implemented to reduce the energi celah pita of photocatalyst materials is a doping strategy using the transition metal vanadium (V).

In this research, the synthesis method for the SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> compound ( $x= 0; 0.05; 0.1; 0.15$ ) uses the melting method of NaCl-KCl salt. The results of this study obtained a sample diffractogram which showed that the compound SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> ( $x= 0; 0.05; 0.1; 0.15$ ) had been successfully synthesized and impurities were found in the form of TiO<sub>2</sub> rutile at  $x=0$  and SrCO<sub>3</sub> at  $x=0$  and  $x =0.15$ . SEM micrographs showed a plate-like morphology that tends to agglomerate with the constituent elements in the form of Sr, Ti, V and O. The UV-Vis DRS spectrum showed that SrTiO<sub>3</sub> decreases its energi celah pita after being doped with transition metal V from 3.2 to 2.95 eV. The decrease in band gap energy will be greater as the wavelength shifts closer to the visible region and the dopant concentration increases.

## مستخلص البحث

أورنتيا، أنيندا قوينش. ٢٠٢٣. صناعية مادة المحفز الضوئي ( $\text{SrTiO}_3$ ) منشطة الفاناديوم بمنهج الانصهار الملح وبملح ( $\text{NaCl-KCl}$ ). البحث العلمي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف ١: الدكتور أنطان فراسطيا الماجستير، المشرفة ٢: لؤلؤة الحميدة العليا الماجستير.

---

الكلمات المفتاحية: ( $\text{SrTiO}_3$ )، المحفز الضوئي، طاقة الشق الرباط، الفاناديوم، منهج الانصهار الملح.

يرد مستحضر بيروفسكايت ( $\text{SrTiO}_3$ ) ان يحتمل ان يستخدم مادة المحفز الضوئي بطاقة الشق الرباط ٣،٢ (eV) حتى يعمل في حول ضياء (UV) فقط. إحدى الاستراتيجيات التي تستطيع ان تفعل لإنزال طاقة الشق الرباط مادة المحفز الضوئي هي استراتيجية المنشطة تستخدم الفلز الإنتقالي الفاناديوم (V).

يستخدم منهج صناعية المستحضر ( $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$ ) X (٠،١٥ : ٠،٠٥ : ٠،١ : ٠) بمنهج الانصهار الملح ( $\text{NaCl-KCl}$ ). تنال حصيلة البحث حيود النموذج الذي يدل مستحضر ( $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$ ) X (٠،١٥ : ٠،١ : ٠،٠٥ : ٠) مثل ( $\text{TiO}_2$  rutil) في ( $x$ ) = ٠ و ( $\text{SrCO}_3$ ) في ( $x$ ) = ٠،١٥. تدل صورة مجهرية (SEM) مورفولوجيا (plate-like) الذي ينجح إلى التجمعات بعناصر المؤلف مثل (Sr, Ti, V dan O). يدل طيف الضوء (UV-Vis DRS) أن ( $\text{SrTiO}_3$ ) يكابد ان ينزل طاقة الشق الرباط بعد منشطة الفلز الإنتقالي (V) من ٣،٢ إلى ٢،٩٥ (eV). يرتفع إنزال طاقة الشق الرباط كثيرا بتحويل طول الموج وأقرب حول ضياء الصارخ تمشى مع زياد أكرات دوفان.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil yang pesat menghasilkan efek negatif bagi lingkungan yaitu dihasilkan limbah zat warna. Limbah warna hasil produksi mendapat perhatian yang cukup besar karena polutan organik yang terkandung di dalamnya tidak terurai (terdegradasi) dengan baik sehingga membahayakan ekosistem makhluk hidup yang ada di sekitarnya. Terjadinya kerusakan di muka bumi yang disebabkan oleh kelalaian manusia terdapat dalam Surah al-A'raf (7) ayat 56 yang berbunyi :

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

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

Hamka (2015) dalam Tafsir al-Azhar menjelaskan sehubungan dengan surat al-A'raf ayat 56 yakni perbuatan merusak suatu ciptaan yang kondisinya baik, jauh lebih buruk daripada merusak sesuatu yang sebelumnya sudah rusak. Jika tidak sanggup memperbaiki sebaiknya jangan membuat kerusakan di muka bumi. Ayat ini melarang kita untuk berbuat berbagai macam jenis perusakan dan hal-hal dapat membahayakan kehidupan. Salah satu upaya untuk menjaga ciptaan Allah Swt. adalah dengan menjaga kelestarian lingkungan melalui pendegradasian limbah zat warna yang terdapat dalam industri tekstil.

Beberapa metode penelitian telah dikembangkan untuk mengolah dan mengurangi zat pewarna yang terkandung dalam limbah yaitu degradasi fotokatalitik, ozonisasi, klorinasi dan biodegradasi (Naimah, dkk., 2014). Salah satu metode pengolahan zat warna tekstil yaitu metode fotodegradasi yang merupakan proses penguraian senyawa organik dengan bantuan energi foton dan radiasi sinar ultraviolet (UV) sehingga menjadi molekul yang lebih sederhana. Dalam mendegradasi polutan organik yang ada di dalam air, metode degradasi fotokatalik semikonduktor memiliki persentase keberhasilan yang tinggi selama beberapa dekade terakhir (Long, dkk., 2020).

Proses fotokatalis mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dan akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi dengan senyawa organik (polutan), sehingga air akan kembali jernih karena telah terpisah dari limbah cair (Suchaya, dkk., 2016). Suatu material dapat dijadikan fotokatalis apabila mempunyai daerah energi kosong atau energi celah pita. Material semikonduktor dilaporkan mempunyai sifat fotokatalis yang baik. Salah satu jenis material fotokatalis semikonduktor berstruktur perovskit yang berpotensi unggul karena memiliki kestabilan struktur dan termal di bidang fotokatalis adalah  $\text{SrTiO}_3$  atau *strontium titanate* (Illahi, dkk., 2020)

$\text{SrTiO}_3$  adalah senyawa berstruktur kristal perovskit yang mempunyai sifat yang menarik di antaranya: tahan panas, tidak beracun, antikorosi, dan memiliki aktivitas fotokatalitik (Yin, dkk., 2019). Sebagai material fotokatalis  $\text{SrTiO}_3$  mempunyai energi celah pita sebesar 3,23-3,75 eV (Putri, 2021). Dengan energi celah pita yang cukup besar maka harus dilakukan modifikasi pada material fotokatalis  $\text{SrTiO}_3$  sehingga dapat aktif di daerah UV atau sinar tampak. Modifikasi

dilakukan untuk menurunkan energi celah pita yang diharapkan dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik di wilayah tampak dan memaksimalkan pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber energi dalam aktivitas fotokatalitik. Xian & Yang (2012) melaporkan kemampuan aktivitas fotokatalis material  $\text{SrTiO}_3$  dapat mendegradasi banyak zat warna seperti *congo red*, *rhodamine blue* (RhB), *methyl orange* (MO), dan *methylene blue* (MB) di bawah sinar ultraviolet. Uji aktivitas fotokatalitik  $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$  dapat mendegradasi Rh-B sebanyak (a) 22,6% selama 30 menit, (b) sebanyak 29,75% selama 60 menit, (c) sebanyak 36,75% selama 90 menit dan (d) sebanyak 41,10% selama 120 menit dan tidak ditemukan fasa pengotor (Haikal, dkk., 2021). Selain itu, Rahma (2018) melakukan reaksi pertukaran ion  $\text{Ag}^+$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  yang ditambahkan ke dalam  $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ , dan dilaporkan bahwa  $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$  mampu mendegradasi MB sebesar 51%.

Untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis  $\text{SrTiO}_3$  maka dapat dilakukan dengan memperluas fungsi kerja ke daerah sinar tampak. Strategi yang dapat digunakan dengan melakukan pendopongan unsur logam ke dalam material semikonduktor (Santoso & Purbaningtyas, 2017). Banyak unsur seperti Ag, Bi, Ce, Dy, Gd, La, Nb, Nd, Sm, Ta, W dan Y yang menjadi dopan untuk Sr/Ti atau kombinasi La-Nb, La-Dy, Nb-W dan digunakan sebagai co-doping untuk menurunkan konduktivitas termal (Bantawal, dkk., 2020). Salah satu logam yang berpotensi digunakan untuk pendopongan  $\text{SrTiO}_3$  adalah logam vanadium (V). Handayani, dkk. (2019) melaporkan bahwa sintesis  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  yang didoping V mampu menurunkan energi celah pita dari 3,1 menjadi 2,71 eV meskipun dalam senyawa tersebut masih mengandung pengotor seiring dengan konsentrasi dopan yang meningkat. Selain itu, (Bantawal, dkk., 2020) melakukan sintesis  $\text{SrTiO}_3$  yang

didoping dengan V dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik yang lebih baik dengan menurunkan energi celah pitanya dari 2,14 menjadi 1,93 eV. Penyerapan cahaya tampak oleh vanadium yang membentuk keadaan baru akan meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi vanadium dari 0,0 hingga 2,0%. Hal ini disebabkan oleh keadaan baru yang terbentuk dari pendopongan vanadium, sehingga terjadi penurunan energi celah pita dan energi yang dibutuhkan juga lebih kecil (Kamegawa, dkk., 2009). Zhou, dkk. (2022) melaporkan hasil nanofiber SrTiO<sub>3</sub> terdoping V untuk degradasi piezokatalik Bisphenol A (BPA) karena metode pemisahan inilah yang dianggap paling efisien untuk mendegradasi kandungan BPA dalam air limbah. Dopongan V-STO NFs sebesar 0,5% dapat menghilangkan kandungan BPA sebanyak 100% melalui proses degradasi piezokatalik di bawah getaran ultrasonik menggunakan HPLC dalam waktu kurang dari 24 menit.

SrTiO<sub>3</sub> dapat diperoleh dengan menggunakan berbagai macam metode sintesis. Ha, dkk. (2011) melaporkan bahwa SrTiO<sub>3</sub> telah disintesis melalui beragam metode antara lain metode *sol-gel*, sintesis hidrotermal, *solid-state reaction*, metode *inverse micelle micro-emulsion*, dan metode lelehan garam. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam mensintesis material terdoping adalah metode lelehan garam karena sederhana, hemat biaya, dapat dimurnikan secara kimia, serta sisa pengotor yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan metode *solid state reaction* dan juga membutuhkan waktu sintesis yang lebih singkat (Li, dkk., 2015). Kelebihan lain dari sintesis dengan metode lelehan garam adalah dapat menghasilkan morfologi partikel yang unik, selain itu Rahmanita, dkk. (2015) melaporkan bahwa material fotokatalis berbahan campuran halida

organik/anorganik dengan struktur *perovskite* mampu menghasilkan efisiensi lebih dari 15%.

Menurut Liu, dkk. (2014) metode lelehan garam bisa diaplikasikan untuk material yang memiliki struktur kristal  $ABO_3$  seperti  $SrTiO_3$  yang memiliki luas permukaan spesifik yang besar. Metode lelehan garam pada penelitian yang telah dilakukan menghasilkan laju evolusi hidrogen delapan kali lebih tinggi daripada menggunakan metode *solid-state reaction*. Adanya peningkatan situs reaksi yang disebabkan oleh luas permukaan spesifik yang besar, mengakibatkan aktivitas fotokatalitik yang terjadi cukup tinggi.

Berdasarkan uraian di atas maka dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi senyawa  $SrTiO_3$  didoping vanadium ( $SrTi_{(1-x)}V_xO_3$  dengan  $x=0; 0,05; 0,1$  dan  $0,15$  yang disintesis menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl dengan rasio mol NaCl-KCl 1:1. Sampel yang diperoleh akan dikarakterisasi dengan teknik; (a) *X-ray diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi kemurnian dan struktur kristal yang terbentuk, (b) *scanning elektron 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 partikel, dan nilai energi celah pita material  $SrTi_{(1-x)}V_xO_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) yang terdoping vanadium menggunakan metode lelehan garam?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur kristal, morfologi partikel, nilai energi celah pita material  $\text{SrTi}_{(1-x)}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x=0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) yang terdoping V menggunakan metode lelehan garam.

### 1.4 Batasan Masalah

- a. Jenis garam yang digunakan adalah garam NaCl-KCl dengan rasio mol  $\text{SrTiO}_3$  NaCl-KCl 1:7:7.
- b. Suhu kalsinasi yang digunakan adalah masing-masing  $700^\circ\text{C}$  dan  $750^\circ\text{C}$  selama 6 jam.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah baru mengenai struktur, morfologi, kandungan unsur, pola serapan, dan potensi sebagai material fotokatalis dari senyawa  $\text{SrTi}_{(1-x)}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x=0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) terdoping V yang disintesis menggunakan metode lelehan garam.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Senyawa SrTiO<sub>3</sub>

Senyawa golongan perovskit mempunyai rumus molekul  $ABO_3$  dengan kation  $A$  adalah atom berukuran besar seperti atom-atom yang terdapat dalam golongan alkali dan alkali tanah, sedangkan kation  $B$  adalah atom berukuran lebih kecil seperti atom-atom golongan logam transisi. Senyawa golongan ini dilaporkan memiliki banyak sifat menarik dan bisa diaplikasikan pada berbagai bidang di antaranya pemanfaatan penggunaan sel surya, baterai litium, sensor elektrokimia, dan fotodegradasi zat warna (Deshmukh, dkk., 2021). Perovskite bertipe feroelektrik dan piroelektrik seperti SrTiO<sub>3</sub> telah dimanfaatkan secara luas di bidang fotokatalis karena stabilitasnya yang baik (Zhou, dkk., 2022).

Stronsium titanat (SrTiO<sub>3</sub>) adalah salah satu senyawa berstruktur perovskit dan sifat fisiknya dipengaruhi oleh komposisi kimia, struktur, bentuk, ukuran, dan kristalinitas (Deshmukh, dkk., 2021). Kristal SrTiO<sub>3</sub> pada suhu ruang dilaporkan berstruktur kubik perovskit dengan grup ruang  $Pm-3m$  yang memiliki parameter kisi 0,3905 nm atau 3.905 Å dan massa jenis senilai 5,12 g/cm<sup>3</sup> yang struktur kristalnya ditampilkan pada Gambar 2.1 (A. C. Marques, 2009).

#### 2.2 Fotokatalis

Fotokatalis berasal dari kombinasi dua kata yakni foto (cahaya) dan katalis. Fotokatalis dapat dimaknai sebagai proses reaksi kimia yang diinduksi oleh cahaya dan dipercepat dengan katalis. Proses ini memerlukan semikonduktor oksida logam

sebagai katalis dan oksigen sebagai sumber oksidan (Mills, dkk., 1997). Teknologi fotokatalis dapat diterapkan dalam berbagai bidang aplikasi yang salah satunya adalah dapat mendegradasi limbah cair.

Mekanisme reaksi fotokatalis dalam mendegradasi zat warna ditampilkan pada Gambar 2.2. Peristiwa awal terjadi ketika material fotokatalis ditembak dengan cahaya/foton yang memiliki energi lebih besar atau sebanding dengan energi celah pita. Lalu terjadi absorpsi foton oleh pita valensi yang dapat menyebabkan elektron ( $e^-$ ) tereksitasi dari pita valensi (*Valence Band/VB*) menuju pita konduksi (*Conductive Band/CB*). Terjadinya eksitasi elektron ini mengakibatkan kemunculan *hole* ( $h^+$ ) di sekitar *VB* (Carp dkk., 2004). Elektron yang ada di pita konduksi bereaksi dengan oksigen membentuk radikal superoksida ( $O_2^{\cdot-}$ ), namun beberapa elektron lainnya akan bereaksi dengan proton membentuk radikal hidoksil ( $OH^{\cdot}$ ). Senyawa radikal yang terbentuk ini memiliki kemampuan untuk mendegradasi zat warna yang terkandung dalam polutan organik menjadi senyawa  $CO_2$  dan  $H_2O$  (Bantawal, dkk., 2020). Pada prosesnya, fotokatalis menghasilkan radikal hidoksil yang kemudian akan mengalami reaksi reduksi-oksidasi dengan polutan (senyawa) organik, sehingga dapat menghasilkan air jernih yang telah terpisah dari limbah cair polutan organik.

### 2.3 SrTiO<sub>3</sub> sebagai Material Fotokatalis

Material SrTiO<sub>3</sub> dilaporkan mempunyai sifat fotokatalis dengan energi celah pita sebesar 3,2 eV atau setara dengan cahaya UV berpanjang gelombang 380 nm dan plot Tauc-Mott penentuan energi celah pita ditampilkan pada Gambar 2.3.

Aktivitas fotokatalis  $\text{SrTiO}_3$  dalam mendegradasi zat warna telah dilaporkan beberapa pihak. Ahmadi dkk. (2019) melaporkan aktivitas fotokatalitik  $\text{SrTiO}_3$  dapat menguji degradasi zat warna Rhodamin B (RhB), Ciproflaxin (CIPRO) dan Ibuprofen (IBP). Hasil penelitian menunjukkan degradasi fotokatalitik dari CIPRO dan IBP lebih rendah dibandingkan RhB. Efektivitas degradasi yang dihasilkan masing-masing senyawa selama 7 jam oleh CIPRO sebesar 74.1%, IBP sebesar 68.4% dan RhB terdegradasi total atau senilai 100%. Dapat disimpulkan bahwa zat warna RhB memiliki laju degradasi paling cepat dibandingkan dengan CIPRO dan IBP. Persen kemampuan degradasi pada penelitian ini terdapat pada Gambar 2.4.

Zat warna *malachite green* (MG) dan RhB dilaporkan dapat didegradasi oleh nanopartikel  $\text{SrTiO}_3$  di bawah sinar UV selama 120 menit melalui penelitian yang telah dilakukan oleh Deshmukh, dkk. (2021). Dapat diamati pada Gambar 2.5 bahwa dalam kurun waktu 15 menit pertama, MG mengalami degradasi sebesar 17,1%. Namun, laju degradasi meningkat sebesar 42,9% pada akhir menit ke-120. Demikian pula, pewarna Rh-B dapat mencapai degradasi 25,85% pada akhir 120 menit. Xian & Yang (2012) juga telah melakukan penelitian mengenai degradasi fotokatalitik terhadap berbagai macam zat warna menggunakan nanopartikel  $\text{SrTiO}_3$ . Hasil analisis menunjukkan bahwa metode gel poliakrilamid yang diterapkan dalam penelitian ini menghasilkan keseragaman bentuk bola nanopartikel  $\text{SrTiO}_3$  dengan diameter rata-rata mencapai 55 nm, serta dapat mendegradasi berbagai macam zat warna seperti *congo red* (CR), RhB, *methyl orange* (MO), dan *methylene blue* (MB) di bawah sinar UV. Aktivitas fotokatalitik dari sampel nanopartikel  $\text{SrTiO}_3$  telah mampu mendegradasi beragam zat warna,

hal ini dapat diamati melalui Gambar 2.6. Dapat dilihat pada Gambar 2.6 (a) bahwa hasil persentase degradasi menggunakan nanopartikel SrTiO<sub>3</sub> yang tertinggi terjadi pada zat warna CR sebesar 90% setelah dilakukan iradiasi selama 10 jam jika dibandingkan dengan Gambar 2.6 (b) larutan blanko tanpa nanopartikel SrTiO<sub>3</sub> yang hanya menghasilkan degradasi CR sebesar 4% dalam kurun waktu yang sama.

#### **2.4 Strategi Pendopongan untuk Menurunkan Energi Celah Pita Material SrTiO<sub>3</sub>**

Material SrTiO<sub>3</sub> memiliki celah pita sebesar 3,2 eV yang membuatnya hanya aktif di wilayah UV, sehingga perlu adanya modifikasi dengan doping sebagai strategi untuk menurunkan lebar celah energi. Banyak macam dopan seperti argentum, aluminium, kromium, fluorin, besi, lanthanum, molibdenum, nobium, nikel, platina, rodium yang telah dimanfaatkan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik SrTiO<sub>3</sub>. Berdasarkan hasil penelitian (Bantawal, dkk., 2020) ditemukan bahwa doping V pada struktur kristal SrTiO<sub>3</sub> dapat dilakukan dengan substitusi ion V<sup>4+</sup> ke atom Ti<sup>4+</sup> yang ada di dalam kisi SrTiO<sub>3</sub> menghasilkan pembentukan pita serapan baru di daerah cahaya tampak. Melalui pendekatan *Density Functional Theory* (DFT) dapat diketahui bahwa substitusi atom Ti pada kisi SrTiO<sub>3</sub> oleh atom V dapat menurunkan energi celah pita sebesar 1.54 eV. *Project Density of State* (pDOS) menyatakan penurunan energi ini terjadi karena adanya pencampuran orbital d dari atom Ti dan V di tepi pita konduksi yang membentuk pita baru. Hal ini menyebabkan penurunan lebar celah pita energi menjadi 1.66 eV.

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan Bantawal, dkk. (2020), aktivitas fotokatalitik SrTiO<sub>3</sub> terdoping V lebih tinggi dibandingkan dengan

aktivitas fotokatalitik SrTiO<sub>3</sub> murni. Penyebabnya adalah penurunan celah pita SrTiO<sub>3</sub> yang diiringi dengan peningkatan konsentrasi dopan. Dapat dilihat pada Gambar 2.7 bahwa konsentrasi dopan V sebesar 1.0 memiliki efisiensi konstanta laju paling tinggi dibandingkan dengan konsentrasi dopan yang lainnya.

Penelitian yang serupa oleh Li dkk., (2014) menjelaskan hasil percobaan Fe didoping ke dalam situs SrTiO<sub>3</sub> menggunakan metode solvothermal di bawah iradiasi cahaya tampak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa doping Fe<sup>3+</sup> ke dalam kisi SrTiO<sub>3</sub> menghasilkan pembentukan pita serapan baru di daerah cahaya tampak. Celah pita energi yang semula sebesar 3,2 eV dapat menurun 2,6 eV dengan massa konsentrasi doping Fe<sup>3+</sup> yang beragam dari 0% hingga 5%. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Bantawal, dkk., (2020), Li dkk., mengatakan bahwa aktivitas fotokatalitik SrTiO<sub>3</sub> terdoping Fe lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas fotokatalitik SrTiO<sub>3</sub> murni.

Aktivitas fotokatalitik tertinggi dimiliki oleh dopan 3% yang menunjukkan rasio degradasi *tetracycline* (TC) tertinggi yakni sebanyak 71,6% dalam kurun waktu 80 menit. Hal ini disebabkan oleh celah yang menyempit yang dihasilkan oleh tingkat doping Fe<sup>3+</sup> yang sesuai. Hasil penelitian dapat ditunjukkan melalui Gambar 2.8.

## **2.5 Pengaruh Morfologi Partikel pada Aktivitas Fotokatalis**

Aktivitas heterogen katalis pada proses fotokatalitik dipengaruhi oleh fasa kristal, ukuran, luas permukaan, kristalinitas, morfologi dan juga permukaan suatu kristal dapat memengaruhi aktivitas fotokatalitiknya (Ha, dkk., 2016). Sebuah studi dari Li, dkk. (2015) melaporkan bahwa SrTiO<sub>3</sub> murni nanokristal yang disintesis

dari pemanasan prekursor  $\text{TiO}_2$  yang memiliki morfologi partikel berbeda dalam garam NaCl-KCl pada suhu  $700^\circ\text{C}$  selama enam jam menghasilkan aktivitas fotokatalitik yang berbeda pula. Gambar 2.8 menunjukkan bahwa partikel dengan morfologi berbentuk *tube* (tabung) dan *sheets* (lembaran) menunjukkan absorpsi secara jelas di daerah UV, namun  $\text{SrTiO}_3$  dengan morfologi berbentuk *sphere* (bola) menunjukkan absorpsi yang lebih rendah.

## 2.6 Metode Sintesis Lelehan Garam

*Molten salt method* (MSS) atau metode lelehan garam adalah salah satu metode sintesis yang menggunakan lelehan garam sebagai media reaksi. Suhu saat proses pembentukan serbuk keramik dapat diatur lebih rendah dan durasi reaksi bisa lebih singkat karena difusivitas dari komponen control morfologi partikel dan stabilisasi dari perbedaan polimorf juga memungkinkan (Li, dkk., 2010).

Lelehan garam adalah salah satu metode sintesis yang paling sederhana, serbaguna, ekonomis, dan ramah lingkungan. Bubuk kristal tunggal pada proses pembentukan serbuk keramik dapat dikondisikan di suhu yang lebih rendah, sehingga dapat menyingkat waktu reaksi pembentukan secara keseluruhan. Hal ini dapat mempermudah membantu proses pengontrolan morfologi partikel dan ukuran yang diinginkan (Li, dkk., 2015).

Biasanya ada dua mekanisme umum yang terjadi di metode lelehan garam saat pertumbuhan kristal, yaitu mekanisme transformasi *in situ* dari prekursor padat menjadi produk, dan mekanisme peleburan pertumbuhan prekursor (Liu, dkk., 2014). Secara umum tahapan sintesis yang terjadi dalam proses sintesis lelehan garam ada tiga, yaitu (Xue, dkk., 2018) :

- a) Pencampuran prekursor dan garam dengan perbandingan jumlah garam jauh lebih banyak dari prekursor. Contoh garam yang digunakan pada proses sintesis ini seperti NaCl, KCl, NaNO<sub>3</sub> dan KNO<sub>3</sub>.
- b) Pemanasan prekursor dan garam yang suhunya melebihi titik leleh dari media garam yang digunakan sehingga membentuk fluks cair. Proses ini mengakibatkan prekursor terdispersi, terdisosiasi, tersusun ulang hingga akhirnya terdifusi dengan media garam.
- c) Proses nukleasi atau pertumbuhan partikel-partikel produk. Pertumbuhan partikel yang berukuran lebih kecil akan larut ke dalam lelehan garam sehingga membentuk partikel yang lebih besar. Pada tahap ini, pengontrolan waktu dan suhu pemanasan berperan penting untuk menentukan karakteristik dari produk akhir yang diinginkan. Setelah itu produk didinginkan dan dicuci menggunakan air untuk meluruhkan garam yang terkandung dalam produk, kemudian dikeringkan dalam oven.

## 2.7 Sintesis SrTiO<sub>3</sub> dengan Metode Lelehan Garam

Sintesis SrTiO<sub>3</sub> terdoping Fe menggunakan metode lelehan garam telah dilaporkan oleh Prasetyo, dkk. (2021) menggunakan media garam tunggal NaCl dengan rasio perbandingan 1:7 pada suhu 900°C selama 8 jam. Data pola sinar XRD sampel menunjukkan bahwa senyawa SrTi<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>O<sub>3</sub> berhasil disintesis, meskipun masih terdapat pengotor pada  $x=0,2$  di dalam prekursor TiO<sub>2</sub>. Pola difraksi XRD senyawa SrTiO<sub>3</sub> hasil sintesis dengan metode lelehan garam tunggal NaCl disajikan pada Gambar 2.11.



Gambar SEM senyawa SrTiO<sub>3</sub> terdoping Fe menunjukkan bahwa senyawa SrTiO<sub>3</sub> yang disintesis dengan metode lelehan garam mempunyai morfologi partikel berbentuk kubus. Bentuk partikel SrTiO<sub>3</sub> terdoping Fe yang disintesis metode lelehan garam ditampilkan pada Gambar 2.11. Selain metode sintesis, jenis garam yang digunakan dalam metode lelehan garam juga dilaporkan memengaruhi morfologi partikel produk akhir yang dihasilkan. Penelitian yang telah dilakukan oleh Li, dkk. (2015) menunjukkan bahwa sintesis SrTiO<sub>3</sub> menggunakan garam NaCl-KCl yang memuat Cu5% dan dipanaskan 700°C selama 6 jam dengan morfologi yang berbeda memiliki hasil aktivitas yang berbeda pula. Hasil menunjukkan bahwa morfologi partikel berbentuk bola memiliki aktivitas fotokatalitik yang terbaik dibandingkan morfologi berbentuk lembaran dan tabung yang ditunjukkan melalui nilai  $E_g$  dan ukuran kristalit.

Dapat dilihat bahwa SrTiO<sub>3</sub> berbentuk lembaran yang memuat Cu menunjukkan aktivitas terendah, namun SrTiO<sub>3</sub> berbentuk bola memiliki aktivitas tertinggi bahkan hingga tiga kali lipat pada poin waktu 5 jam terakhir. Tabel 1.1 menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran kristalit, semakin kecil nilai  $E_g$  maka semakin baik aktivitas fotokatalitiknya.

Tabel 2.1 Ukuran kristalit SrTiO<sub>3</sub> dengan morfologi yang berbeda (Li, dkk., 2015).

Sampel	Ukuran kristalit (nm)	$E_g$ (eV)
SrTiO <sub>3</sub> berbentuk tabung	45,1	3,092
SrTiO <sub>3</sub> berbentuk lembaran	47,2	3,088
SrTiO <sub>3</sub> berbentuk bola	26,1	2,970

## 2.8 Menjaga Kelestarian Lingkungan dalam Perspektif Islam

Makhluk hidup yang ada di dunia ini diciptakan untuk saling menyeimbangkan kehidupan dan keselarasan ekosistem. Di antara banyak makhluk

hidup yang telah diciptakan oleh Allah Swt., manusia adalah makhluk paling mulia. Sebagai khalifah di muka bumi, manusia bertugas untuk memanfaatkan, mengelola dan memelihara alam semesta karena Allah Swt. telah menciptakan dunia dan seisinya untuk kepentingan dan kesejahteraan semua makhluk hidup sehingga dapat berkelanjutan. Firman Allah Swt. mengenai hal ini tertuang pada surah Al-Baqarah ayat 29 :

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مِمَّا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ أَسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ ۗ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Artinya : *Dialah (Allah) yang menciptakan segala yang ada di bumi untukmu, kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. Dia Maha Mengetahui segala sesuatu.*

Perlu ditegaskan bahwa bukan semua manusia merupakan *khalifatullah* di muka bumi. Yang dimaksud dengan khalifah Allah Swt. di bumi adalah Allah Swt. telah menciptakan manusia dengan sebaik-baik penciptaan, dan telah meniupkan ruh-Nya ke dalam tubuh manusia. Oleh karenanya, hendaklah manusia memelihara sebaik-baiknya semua potensi yang telah Allah berikan itu, sehingga mampu berperan sebagai khalifah Allah di bumi.

Hamka (2015) menjelaskan, ayat tersebut menunjukkan segala penciptaan Allah Swt. adalah sebagai peringatan kepada manusia bahwasanya penciptaan bumi dan seisinya ini disediakan untuk keberlangsungan hidup manusia. Maka patutlah manusia bersyukur kepada Allah dan menggunakan kesempatan ini untuk mengambil faedah darinya. Segala penciptaan Allah Swt. tidak akan dikuasai oleh pengetahuan manusia, maka dari itu hendaknya kita sebagai manusia terus belajar sehingga dapat meningkatkan iman akan adanya Yang Mahakuasa atas alam.

Melalui penelitian ini, diharapkan peneliti dapat mengimplementasikan ketaatan pada perintah Allah Swt. untuk turut serta menjaga segala sesuatu yang

ada di bumi dengan baik. Sintesis  $\text{SrTi}_{(1-x)}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x=0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) yang terdoping V menggunakan metode lelehan garam diharapkan dapat memberikan manfaat untuk mendegradasi limbah zat warna yang terdapat pada industri tekstil sehingga dapat bermanfaat untuk keberlangsungan kehidupan manusia.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Mei 2023 di Laboratorium Kimia Fisika Riset, Program Studi 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 dalam penelitian ini antara lain seperangkat alat gelas, tanur, neraca analitik, oven, *hotplate*, *mortar agate*, krus alumina, pipet tetes, aluminium foil, seperangkat instrumen XRD, seperangkat instrumen SEM, dan seperangkat instrumen UV-Vis DRS.

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain  $\text{SrCO}_3$  (Sigma Aldrich, 99,9% serbuk),  $\text{TiO}_2$  (Sigma Aldrich, 99,9% serbuk),  $\text{V}_2\text{O}_5$  (Aldrich, 99,9% serbuk), NaCl (Aldrich, 99,9% serbuk), KCl (Sigma Aldrich, 99,9% serbuk),  $\text{AgNO}_3$ , aseton dan aquades.

#### **3.3 Prosedur Penelitian**

##### **a. Preparasi Sampel**

Penelitian ini diawali dengan menyiapkan alat dan bahan, menimbang prekursor sesuai dengan perhitungan stokiometri, serta proses homogenasi dengan cara dilakukan penggerusan.

b. Sintesis SrTiO<sub>3</sub> Terdoping Vanadium dengan Metode Lelehan Garam

Sampel akan dikalsinasi pada suhu 700°C selama 6 jam lalu dikalsinasi kembali pada suhu 750°C selama 6 jam, setelah itu didinginkan di suhu ruang. Kemudian dilanjutkan pencucian garam dengan penyiraman air hangat.

c. Karakterisasi

Tahap ini meliputi proses karakterisasi dan identifikasi struktur kristal produk yang terbentuk menggunakan instrument XRD, karakterisasi dan analisa morfologi kristal yang terbentuk menggunakan instrumen SEM, dan karakterisasi serta analisa untuk mengetahui lebar energi celah pita material hasil sintesis menggunakan UV-Vis DRS.

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Preparasi Bahan

Dalam penelitian ini, SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) disintesis sebanyak 3 gram menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl. Setiap prekursor ditimbang sesuai dengan perhitungan yang ada dalam Lampiran 2. Hasil perhitungan kebutuhan prekursor dan garam dirangkum pada Tabel 3.1. Prekursor yang telah disiapkan selanjutnya digerus dalam *mortar agate* selama 1 jam dan ditambahkan senyawa aseton untuk menghomogenkan sampel.

Tabel 3.1 Massa bahan prekursor yang dibutuhkan untuk mendapatkan senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ).

Target senyawa	Massa target (gram)	Massa pereaksi (gram)				
		SrCO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NaCl	KCl
SrTiO <sub>3</sub>	3	2,4137	1,3057	-	6,688	8,5322
SrTi <sub>0,95</sub> V <sub>0,05</sub> O <sub>3</sub>	3	2,41	1,24	0,0413	6,6831	8,5254
SrTi <sub>0,9</sub> V <sub>0,1</sub> O <sub>3</sub>	3	2,409	1,1731	0,1484	6,6774	8,5181
SrTi <sub>0,85</sub> V <sub>0,15</sub> O <sub>3</sub>	3	2,4	1,1	0,2223	6,668	8,5061

### 3.4.2 Sintesis SrTiO<sub>3</sub> Terdoping V dengan Metode Lelehan Garam

Masing-masing campuran sampel hasil dari preparasi bahan dicampurkan dengan garam NaCl-KCl dengan perbandingan mol 1:7:7 yang setara dengan 3 : 6,688 : 8,5322 gram (stoikiometri perhitungan ditampilkan pada Tabel 3.1 dan perhitungan lengkapnya pada Lampiran 2). Campuran tersebut digerus dalam *mortar agate* agar homogen selama 1 jam dan ditambahkan aseton tetes per tetes secukupnya. Kemudian campuran dipanaskan pada suhu 700°C selama 6 jam. Setelah itu dikalsinasi kembali pada suhu 750°C selama 6 jam. Hasil produk dikeluarkan dari tanur dan diletakkan di atas kertas saring dan disaring menggunakan corong dan erlenmeyer. Sampel dicuci beberapa kali menggunakan air suling panas untuk mempercepat peluruhan garam. Untuk mengidentifikasi garam NaCl dan KCl maka diuji dengan menggunakan larutan AgNO<sub>3</sub> dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70°C sampai kering. Diulangi perlakuan di atas untuk sampel yang lain.

### 3.4.3 Karakterisasi SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) dengan XRD

Sampel sebanyak kurang lebih 0,5 gram ditempatkan pada sampel *holder*. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar menggunakan XRD dengan radiasi Cu K $\alpha$  pada 40 kV dan 15 mA pada rentang  $2\theta = 10-90^\circ$ .

### 3.4.4 Karakterisasi SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) dengan SEM

Sampel sebanyak 50 mg ditempatkkan pada sampel *holder* dan diratakan. Kemudian ditempatkan pada instrumen dan dilakukan analisa menggunakan perbesaran 2.000; 7.000; 15.000; 20.000 dan 50.000 kali.

### 3.4.5 Karakterisasi SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) dengan UV-Vis DRS

Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS dilakukan dengan serbuk sampel yang ditempatkan pada sampel *holder*, kemudian diukur reflektansinya pada rentang panjang gelombang 200-800 nm.

## 3.5 Analisis Data

### 3.5.1 Analisis Data XRD

Data yang diperoleh dari karakterisasi menggunakan XRD berupa pola difraksi sinar-*X* yang selanjutnya dibandingkan dengan standar senyawa SrTiO<sub>3</sub> yang terdapat pada database *Inorganic Crystal Structure Database* (ICSD) No. 56717 dan kemungkinan pengotor seperti SrCO<sub>3</sub> (ICSD No. 56099) dan TiO<sub>2</sub> rutil (ICSD No. 109469).

### 3.5.2 Analisis Data SEM

Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi SEM berupa gambar morfologi, ukuran partikel, dan komposisi unsur-unsur penyusun senyawa SrTiO<sub>3</sub>. Gambar tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *image-J*.

### 3.5.3 Analisis Data UV-Vis DRS

Hasil karakterisasi dengan UV-Vis DRS berupa data reflektansi. Data reflektansi dianalisa menggunakan persamaan Kubelka-Munk ditunjukkan pada persamaan 3.1.

$$(F(R) hv) = k(hv - E_g)^n \dots \dots \dots (3.1)$$

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



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) dilakukan dengan metode lelehan garam NaCl-KCl yang dikalsinasi pada suhu 700 dan 750°C masing-masing selama 6 jam. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan teknik difraksi sinar-X (XRD) untuk mengetahui struktur kristal yang terbentuk dan kemurniannya, (b) *scanning elektron microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi partikel, dan (c) *ultraviolet-visible diffuse reflectance spectrophotometer* (UV-Vis DRS) untuk mengetahui energi celah pita.

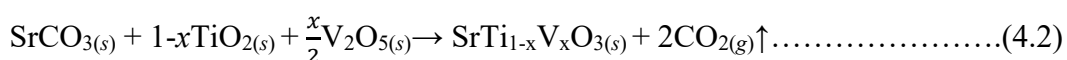
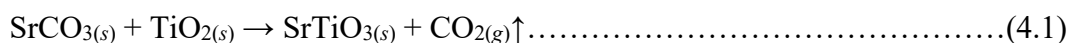
#### 4.1 Sintesis $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$ ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) dengan Metode Lelehan Garam

$\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) disintesis dengan metode lelehan garam NaCl-KCl dengan perbandingan mol produk dan masing-masing garam senilai 1:7:7. Massa prekursor dan dopan yang tertimbang pada saat penelitian ditampilkan pada Tabel 4.1 dimana massa berwarna kuning adalah massa bahan yang tidak akurat dengan perhitungan stoikiometri yang terdapat pada Lampiran 2. Ketidaksesuaian disebabkan oleh kurangnya konsentrasi saat penimbangan.

Tabel 4.1 Massa bahan yang tertimbang untuk mendapatkan senyawa  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ).

Target senyawa	Massa target (gram)	Massa pereaksi (gram)				
		SrCO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	NaCl	KCl
SrTiO <sub>3</sub>	3	2,4137	1,3057	-	6,688	8,5322
SrTi <sub>0,95</sub> V <sub>0,05</sub> O <sub>3</sub>	3	2,41	1,24	0,0417	6,6831	8,5256
SrTi <sub>0,9</sub> V <sub>0,1</sub> O <sub>3</sub>	3	2,4094	1,1731	0,1484	6,6773	8,5188
SrTi <sub>0,85</sub> V <sub>0,15</sub> O <sub>3</sub>	3	2,4005	1,1004	0,2224	6,6686	8,5071

Metode lelehan garam diawali dengan menghomogenkan sampel yang dibantu oleh aseton selama proses penghomogenan untuk meningkatkan homogenitas. Penggunaan aseton dilakukan karena aseton memiliki tekanan uap tinggi (24 kPa) sehingga akan mudah menguap dan tidak dapat bereaksi dengan prekursor. Kemudian sampel dikalsinasi selama dua kali dengan suhu 700 dan 750°C masing-masing selama 6 jam. Penggunaan suhu kalsinasi di atas suhu titik leleh garam NaCl-KCl (titik leleh 650°C) bertujuan agar garam dapat meleleh sempurna dan berfungsi sebagai media reaksi. Reaksi yang terjadi pada saat kalsinasi dapat ditampilkan pada persamaan 4.1 dan 4.2.



Perubahan warna sampel sebelum dan sesudah kalsinasi ditampilkan pada Gambar 4.1. Berdasarkan gambar tersebut terlihat adanya perubahan warna produk dari kuning pucat ke warna kuning keruh setelah proses kalsinasi (Gambar 4.1). Hal ini disebabkan oleh ion vanadium yang berhasil tersubstitusi ke kisi  $\text{Ti}^{4+}$  sehingga membentuk senyawa baru.

#### **4.2 Karakterisasi dan Analisis $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$ ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) Menggunakan XRD**

Senyawa  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) diidentifikasi dengan cara mencocokkan pola difraksi hasil sintesis dengan standar  $\text{SrTiO}_3$  pada nomor ICSD 56717. Difraktogram senyawa  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) ditampilkan pada Gambar 4.2 dan dapat dilihat bahwa terdapat kesesuaian puncak difraksi senyawa hasil sintesis dengan data standar yang menunjukkan bahwa senyawa

SrTiO<sub>3</sub> terbentuk. Pada hasil difraktogram ditemukan senyawa pengotor yang diduga berasal dari prekursor SrCO<sub>3</sub> ada posisi  $2\theta = 25,2134^\circ$  di senyawa SrTiO<sub>3</sub> dan pada posisi  $2\theta = 29,508^\circ$  di senyawa SrTi<sub>0,85</sub>V<sub>0,15</sub>O<sub>3</sub> serta prekursor TiO<sub>2</sub> rutil pada posisi  $2\theta = 41,306^\circ$  di senyawa SrTiO<sub>3</sub>. Identifikasi kesesuaian puncak pengotor dengan data standar SrCO<sub>3</sub> (ICSD No. 56099) dan TiO<sub>2</sub> rutil (ICSD No. 109469) ditampilkan pada Gambar 4.3.

Pengotor TiO<sub>2</sub> rutil terindikasi dalam sampel SrTiO<sub>3</sub> yang mengindikasikan bahwa reaksi yang terjadi pada prekursor belum terjadi secara sempurna. Namun, pada variasi dopan  $x = 0$  dan  $x = 15$  terdapat pengotor berupa SrCO<sub>3</sub> yang kemungkinan disebabkan oleh pembentukan kristal struktur dari prekursor TiO<sub>2</sub> rutil yang memengaruhi kristalisasi SrTiO<sub>3</sub> dan SrTi<sub>0,85</sub>V<sub>0,15</sub>O<sub>3</sub> mengingat stabilitas SrTi<sub>0,85</sub>V<sub>0,15</sub>O<sub>3</sub> yang berbeda dari prekursor (Boga, dkk., 2022)..

Setiap material akan memberikan pola difraksi yang berbeda seperti contoh TiO<sub>2</sub> fasa anatase, rutil, dan amorf. Menurut Aji, dkk., (2009) dasar dari penggunaan XRD untuk mempelajari kisi kristal yakni berdasarkan pendekatan Bragg. Kristal dipandang terdiri dari bidang-bidang datar yang masing-masing berfungsi sebagai cermin semi transparan. Jika sinar-X ditembakkan pada tumpukan bidang datar tersebut, maka beberapa akan dipantulkan dengan sudut pantul yang sama dengan sudut datangnya, sedangkan sisanya diteruskan. Persamaan Bragg adalah sebagai berikut (West, 1999) :

$$n\lambda = 2d\sin\theta \dots\dots\dots(4.3)$$

Dengan :

$\lambda$  = panjang gelombang sinar-X yang digunakan

$d$  = jarak antara dua bidang kisi

$\theta$  = sudut antara sinar datang dengan bidang normal, dan

$n$  = bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan.

Teori dari Hukum Bragg ini memiliki kesesuaian dengan pendopongan V pada senyawa SrTiO<sub>3</sub> yang menyebabkan pergeseran puncak difraksi sinar-X pada  $2\theta = 32,463^\circ$ . Pergeseran puncak ditampilkan pada Gambar 4.4 dan dapat diamati bahwa terjadi pergeseran puncak difraksi ke arah  $2\theta$  yang lebih kecil. Menurut Bantawal, dkk., (2020) peristiwa ini dapat terjadi karena ion V<sup>5+</sup> memiliki jari-jari ionik (0,0599 nm) yang lebih kecil daripada ion Ti<sup>4+</sup> (0,0605 nm). Pernyataan tersebut sesuai dengan Persamaan 4.3 yang menunjukkan bahwa ketika puncak bergeser ke arah  $2\theta$  yang lebih kecil, maka jarak antar dua bidang kisi yang tersusun antar dua jari-jari atom juga semakin kecil. Meskipun tidak ada tren perubahan pergeseran puncak difraksi menurut penambahan konsentrasi dopan, tetapi kemungkinan valensi V pada sampel berbeda-beda.

### **4.3 Karakterisasi dan Analisis SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) Menggunakan SEM**

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis menghasilkan morfologi *plate-like*. Hal ini sesuai dengan yang telah dilaporkan oleh Chang, dkk., (2014) bahwa metode lelehan garam efektif dalam menghasilkan morfologi *plate-like*. Selain itu, Gambar 4.5 tersebut menunjukkan bahwa semua partikel mengalami aglomerasi yang disebabkan oleh ketidakmampuan lelehan garam dalam memisahkan setiap kristal saat terjadinya proses pertumbuhan. Semakin besar konsentrasi V, derajat aglomerasi partikel semakin rendah dan distribusi morfologi partikel menjadi semakin jelas dan seragam. Peningkatan energi permukaan akibat dopan V mampu meningkatkan mobilitas ion pada saat proses

pertumbuhan partikel (Chang, dkk., 2014; Wang, dkk., 2015; Ebrahimi, dkk., 2020).

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). Tang, dkk. (2007) melaporkan morfologi partikel  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  murni berbentuk *plate-like* tanpa aglomerasi dan terbentuk aglomerasi setelah dilakukan pendopongan Nd/V menggunakan metode lelehan garam. Kemudian, dilakukan penambahan suhu kalsinasi hingga  $1150^\circ\text{C}$  dan tidak ditemukan aglomerat. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan suhu pada sintesis metode lelehan garam akan menurunkan viskositas pada medium lelehan garam dan mobilitas spesi semakin tinggi, sehingga antar spesi tidak terakumulasi dan tidak terjadi pembentukan aglomerat.

#### **4.4 Karakterisasi dan Analisis $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$ ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) Menggunakan UV-Vis DRS**

Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS bertujuan untuk mengetahui serapan sinar dari material hasil sintesis. Hasil karakterisasi DRS, diperoleh plot hubungan antara nilai %reflektansi dengan panjang gelombang dari masing-masing sampel  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) yang dapat dilihat pada Gambar 4.6. Berdasarkan gambar tersebut dapat diamati bahwa  $\text{SrTiO}_3$  dengan keberadaan doping mengubah karakter pola serapan dimana sampel mempunyai kemampuan menyerap sinar yang baik pada daerah sinar tampak dan semakin besar konsentrasi doping V maka serapan di daerah tersebut semakin tinggi.

Berdasarkan spektra DRS pada Gambar 4.6 dapat diamati bahwa intensitas %reflektansi semakin berkurang seiring bertambahnya konsentrasi ion doping. Menurut Wang dan Xu (2017), hal ini dapat disebabkan oleh substitusi Ti oleh V yang membentuk tingkat energi baru  $V-3d$  di bawah  $Ti-3d$  pada pita konduksi. Ion V memiliki muatan positif yang lebih tinggi dan jari-jari yang lebih kecil daripada ion Ti, sehingga memiliki efek polarisasi yang kuat terhadap O. Polarisasi merupakan distribusi elektron dipengaruhi oleh 2 atom sehingga semakin banyak ion V yang disubstitusikan, maka semakin meningkatkan sifat kovalennya dan serapannya akan cenderung pada panjang gelombang yang lebih mendekati sinar tampak. Peningkatan sifat kovalennya dapat dihitung dari penurunan karakter ionik senyawa  $SrTiO_3$  setelah didoping ion V karena memiliki keelektronegatifan lebih besar dibandingkan Ti. Oleh karena itu, substitusi V pada Ti akan meningkatkan karakter kovalennya sehingga meningkatkan daerah serapan mendekati daerah tampak.

$$\text{Karakter ionik} = 1 - e^{-\frac{1}{4}(X_B - X_A)} \dots\dots\dots(4.4)$$

$$\text{Karakter ionik Ti - O} = 1 - e^{-\frac{1}{4}(3,44 - 1,5)} = 0,384 \dots\dots\dots(4.5)$$

$$\text{Karakter ionik V - O} = 1 - e^{-\frac{1}{4}(3,44 - 1,6)} = 0,369 \dots\dots\dots(4.6)$$

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai energi celah pita senyawa  $SrTiO_3$  sebesar 3,2 eV. Sedangkan senyawa  $SrTi_{1-x}V_xO_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) menghasilkan energi celah pita yang lebih kecil dari senyawa  $SrTiO_3$  murni. Hasil penentuan energi celah pita senyawa  $SrTi_{1-x}V_xO_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Nilai energi celah pita senyawa  $SrTi_{1-x}V_xO_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ )

Senyawa	Energi celah pita (eV)
SrTiO <sub>3</sub>	3,2
SrTi <sub>0,95</sub> V <sub>0,05</sub> O <sub>3</sub>	3,05
SrTi <sub>0,9</sub> V <sub>0,1</sub> O <sub>3</sub>	3,02
SrTi <sub>0,85</sub> V <sub>0,15</sub> O <sub>3</sub>	2,95

Dasar-dasar Tabel 4.2 dapat dilihat lebih lanjut energi celah pita SrTiO<sub>3</sub> dan

doping adalah sebesar 3,2 eV sedangkan SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) mempunyai energi celah pita berturut-turut yaitu 3,05; 3,02; dan 2,95 eV. Hal ini menunjukkan bahwa doping dengan V dapat menyebabkan penurunan energi celah pita yang signifikan seperti beberapa penelitian yang telah dilaporkan sebelumnya. Besarnya energi celah pita SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) berbanding terbalik dengan besarnya konsentrasi dopan V. Semakin tinggi konsentrasi dopan V menghasilkan energi celah pita yang semakin kecil. Nilai energi celah pita yang semakin menurun disebabkan oleh terbentuknya keadaan elektronik baru oleh logam vanadium. Pada senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15), VB tersusun dari O dengan orbital 2*p*, sedangkan CB tersusun dari V dengan orbital 3*d* dan Ti dengan orbital 3*d*. Ketika SrTiO<sub>3</sub> disinari cahaya, elektron akan tereksitasi ke orbital Ti 3*d*. Namun pada senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15), elektron yang tereksitasi akan menuju ke pita baru yaitu V dengan orbital 3*d* yang posisinya tepat berada di bawah pita Ti 3*d*. Hal inilah yang mendasari sebab terjadinya penurunan energi celah pita pada senyawa yang mengandung dopan V (Gu, dkk., 2016) Peristiwa ini dapat diilustrasikan pada Gambar 4.8.

Keberhasilan senyawa SrTiO<sub>3</sub> dalam mendegradasi berbagai komponen telah dilaporkan melalui peneliti berikut. Li, dkk., (2014) melaporkan bahwa SrTiO<sub>3</sub> terdoping Fe telah sukses mendegradasi *tetracycline* yang merupakan jenis

antibiotik pada variasi dopan Fe-3% dengan persen degradasi sebesar 71,6% dibandingkan dengan SrTiO<sub>3</sub> murni yang hanya terdegradasi sebesar 5% saja. Penelitian yang serupa juga dilaporkan oleh Anitha, dkk., (2020) bahwa SrTiO<sub>3</sub> terdoping Fe telah berhasil diuji dengan cara mendegradasi zat warna *methylene orange* (MO) pada variasi dopan FSTO-50 yang memiliki band gap 3,17 eV dengan persen degradasi sebesar 99,7% dan sebesar 56% selama 180 menit di bawah iradiasi cahaya matahari. Jang, dkk., (2021) juga melaporkan Eu (III) mendoping SrTiO<sub>3</sub> untuk mendegradasi zat warna MO, *rhodamine blue* (RhB) dan *methylene blue* (MB). Sampel dengan variasi dopan Eu-5% yang memiliki energi celah pita 3,02 eV dapat menghasilkan laju degradasi tertinggi dengan trend laju degradasi MO<RhB<MB.

#### 4.5 Sintesis Senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; dan 0,15) dalam Perspektif Islam

Penciptaan lingkungan hidup merupakan nikmat terbesar yang dikaruniai oleh Allah Swt. kepada hamba-Nya. Keberadaan manusia sebagai salah satu ciptaan Allah di bumi adalah sebagai khalifah yang diperintahkan untuk beribadah dan berbuat kebaikan. Peran manusia sebagai khalifah telah disebutkan di surat al-Baqarah ayat 30 yang berbunyi :

وَأذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلٰئِكَةِ اِنِّيْ جَاعِلٌ فِي الْاَرْضِ خَلِيْفَةً ۗ قَالُوْۤا اَتَجْعَلُ فِيْهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيْهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَآءَ  
وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ ۗ قَالَ اِنِّيْۤ اَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ

Artinya : *Dan (ingatlah) Ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat, “Aku hendak menjadikan khalifah di bumi.” Mereka berkata, “Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah di sana, sedangkan kami bertasbih memuji-Mu dan menyucikan*



*nama-Mu?” Dia berfirman, “Sungguh, Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui.”.*

Dalam buku Tafsir Al-Azhar Jilid 1 oleh Hamka (2015) memaparkan bahwa khalifah diartikan sebagai pengganti Allah sendiri. Maksud dari kalimat tersebut adalah pada manusia itulah Allah menyatakan hukum-Nya dan peraturan-Nya; Dia menjadi khalifah untuk mengatur bumi. Allah menciptakan manusia dengan sebaik-baiknya bentuk dan menganugerahinya dengan akal, sebagaimana disebutkan dalam surah al-Baqarah ayat 30 bahwa manusia sebagai khalifah bertugas untuk mengatur dan menjaga bumi.

Hampir semua aktivitas manusia, seperti kegiatan industri dan aktivitas rumah tangga dapat menghasilkan limbah cair yang memberikan dampak kerusakan pada ekosistem air, sehingga diperlukan strategi untuk menanggulangi masalah ini. Dalam penelitian ini, dilakukan sintesis material  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) sebagai fotokatalis yang efektif dalam mendegradasi limbah cair yang berbahaya. Pendopongan vanadium dilakukan untuk menurunkan energi celah pita yang diharapkan dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik di wilayah tampak dan memaksimalkan pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber energi dalam aktivitas fotokatalitik. Dengan adanya fotokatalis, kandungan warna dari senyawa-senyawa tersebut akan didegradasi menjadi senyawa yang lebih aman jika dibuang ke lingkungan sehingga tidak akan membahayakan ekosistem air. Pemanfaatan senyawa  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) sebagai fotokatalis merupakan hasil proses berpikir manusia dalam menjaga kesejahteraan hidup. Berkaitan dengan hal tersebut, dalam surah Ar-Rum ayat 41 yang berbunyi:

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

Artinya : *“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”*

Ayat ini menerangkan bahwa telah terjadi al-Fasad yakni segala bentuk pelanggaran atas system atau hukum yang dibuat Allah yang diterjemahkan sebagai perusakan di laut dan di daratan. Perusakan itu terjadi akibat perilaku manusia seperti eksploitasi alam yang berlebihan. Perilaku tersebut tidak mungkin dilakukan oleh orang yang beriman dengan keimanan yang sesungguhnya karena ia tahu bahwa semua perbuatannya akan dipertanggungjawabkan di depan Allah Swt. (Kemenag, 2018).

Hamka (2015) memaparkan bahwa Allah menjadikan manusia sebagai khalifah yang hendaknya memiliki sifat Mushlih yang artinya suka memperbaiki dan memperbaiki. Ayat ini mengharapkan manusia khalifah mampu menjaga, melestarikan lingkungan dan tidak membuat kerusakan. Hal tersebut sama dengan tujuan dari penelitian ini, yakni untuk mensintesis material  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x=0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) sebagai fotokatalis efektif untuk mendegradasi limbah cair berbahaya.

Perkembangan ilmu teknologi dalam bidang fotokatalis yang di dalamnya memiliki tujuan dan manfaat yang baik, pengaplikasiannya dapat dimanfaatkan dan akan terus dikembangkan oleh orang lain. Oleh karena itu, sebagai kimiawan mempelajari dan memanfaatkan berbagai senyawa kimia seperti strontium (Sr), karbon (C), titanium (Ti), vanadium (V), dan oksigen (O) dalam pembuatan fotokatalis ini akan menjadi amal jariyah dan ilmu bermanfaat bagi si pembuatnya, sama seperti orang yang memanfaatkan fotokatalis tersebut. Tidak ada yang buruk

selama kita tetap berada dalam jalur yang sesuai dengan tuntunan agama, meskipun ranahnya ialah sains dan teknologi.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa material  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) telah berhasil disintesis menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl. Namun, pada sampel  $\text{SrTiO}_3$  ditemukan adanya pengotor  $\text{SrCO}_3$  dan  $\text{TiO}_2$  rutil, serta pada sampel  $\text{SrTi}_{0,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_3$  ditemukan pengotor  $\text{SrCO}_3$ . Bentuk morfologi yang didapatkan adalah *plate-like* yang cenderung terbentuk aglomerasi. Sedangkan energi celah pita  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; \text{ dan } 0,15$ ) masing-masing 3,2 eV; 3,05 eV; 3,02 eV dan 2,95 eV. Hal ini menunjukkan bahwa doping V dapat menurunkan energi celah pita dan memberikan respon cahaya yang lebih mendekati wilayah tampak, sehingga memberikan aktivitas fotokatalitik yang lebih baik.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan bahwa penelitian harus dilakukan lebih teliti dan fokus. Utamanya pada saat penimbangan dan penghomogenan sampel antara prekursor, dopan, dan garam agar sampel yang dihasilkan tidak terdapat pengotor.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. C. Marques 2009. Properties of strontium titanate. *Book*, 11–31.
- Ahmadi, M., Seyed Dorraji, M.S., Rasoulifard, M.H. & Amani-Ghadim, A.R. 2019. The effective role of reduced-graphene oxide in visible light photocatalytic activity of wide band gap SrTiO<sub>3</sub> semiconductor. *Separation and Purification Technology*, 228(March): 115771.
- Anitha, B. G., Devi, L. G. 2020. Photocatalytic Activity of Fluorine Doped SrTiO<sub>3</sub> Under the Irradiation of UV/Solar Light: Extended Visible Light Absorption by the Bulk Lattice F Ions and Suppressions of Photogenerated Charge Carrier. *Chemical Physics Letter*. 137138: 1-18.
- Bantawal, H., Shenoy, U.S. & Bhat, D.K. 2020. Vanadium-Doped SrTiO<sub>3</sub> Nanocubes: Insight into role of vanadium in improving the photocatalytic activity. *Applied Surface Science*, 513(February): 145858.
- Boga, B., Steinfeldt, N., Moustakas, N. G., Peppel, T., Lund, H., Rabeah, J., Pap, Zsolt., Cristea, M. V., Strunk, J. 2022. Role of SrCO<sub>3</sub> on Photocatalytic Performance of SrTiO<sub>3</sub>-SrCO<sub>3</sub> Composites. *Catalysts*. 978:1-16.
- Carp, O., Huisman, C.L. & Reller, A. 2004. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. *Progress in Solid State Chemistry*, 32(1–2): 33–177.
- Chang, Yunfei., Wu, Jie., Yang, Bin., Zhang, Shantao., Lv, Tianquan., dan Cao, Wenwu. 2014. Synthesis and Properties of High Aspect Ratio SrBi<sub>4</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>15</sub> Microplatelets. *Materials Letters*, 129(4):12–15.
- 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.
- Deshmukh, V.V., Ravikumar, C.R., Kumar, M.R.A., Ghotekar, S., Kumar, A.N., Jahagirdar, A.A. & Murthy, H.C.A. 2021. Structure, morphology and electrochemical properties of SrTiO<sub>3</sub> perovskite: Photocatalytic and supercapacitor applications. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 3: 241–248.
- 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 TiO<sub>2</sub> Nanoparticles for Photodegradation of 2,4-D from Aqueous Solution. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46: 6409-6422
- Gu, Daguo., Qin, Yingying., Wen, Yongchun., Li, Tie., Qin, Lin., dan Seo, Hyo Jin. 2016. Electronic Structure and Optical Properties of V-Doped Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> Nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*, 695: 2224-2231.

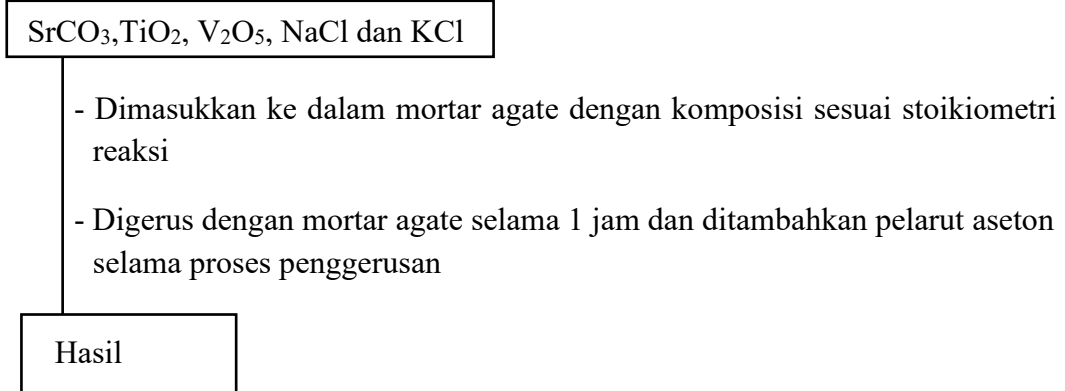
- Handayani, R., Safitri, W. N., Aini, N., Hardian, A., Prasetyo, A. 2019. Synthesis and Characterization of Vanadium Doped  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  as Photocatalyst Material. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 012017
- Hamka, P., D. (2015) Tafsir al-Azhar. *Gema Insani*. 132-136.
- Illahi, A.N., Rouf, U.A., Maulidianingtyas, H., Hastuti, E., Prasetyo, A. & Istighfarini, V.N. 2020. Sintesis dan Karakterisasi Material Fotokatalis Heterojunction  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}/\text{SrTiO}_3$  dengan Metode Sonikasi. *Jurnal Kimia Riset*, 5(1): 36.
- Jang, H.J., Park, S.J., Yang, J.H., Hong, S.M., Rhee, C.K., Kim, D., Sohn, Y. 2021. Photocatalytic and photoelectrocatalytic properties of Eu(III)-doped perovskite  $\text{SrTiO}_3$  nanoparticles with dopant level approaches. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 132: 1-12.
- Kamegawa, T., Sonoda, J., Sugimura, K., Mori, K., Yamashita, H. 2009. Degradation of Isobutanol Diluted in Water Over Visible Light Sensitive Vanadium Doped  $\text{TiO}_2$  Photocatalyst. *Journal of Alloys and Compound*. 486: 685-688.
- Kemenag, Diklat, B.L., Qur'an, L, P, M. (2018) Penciptaan Bumi dalam Perspektif al-Quran dan Sains. *Lajnah Pentashihah Mushaf al-Qur'an*.
- Li, C., Liu, Z., Zhou, H., Haminhgoc, Zhu, F., Guo, Q. & Zhao, Z. 2015. Molten salt synthesis of  $\text{SrTiO}_3$  using  $\text{TiO}_2$  with different morphology as a precursor. *Integrated Ferroelectrics*, 162(1): 113–121.
- Li, H.L., Du, Z.N., Wang, G.L. & Zhang, Y.C. 2010. Low temperature molten salt synthesis of  $\text{SrTiO}_3$  submicron crystallites and nanocrystals in the eutectic NaCl-KCl. *Materials Letters*, 64(3): 431–434.
- Li, P., Liu, C., Wu, G., Heng, Y., Lin, S., Ren, A., Lv, K., Xiao, L. & Shi, W. 2014. Solvothermal synthesis and visible light-driven photocatalytic degradation for tetracycline of Fe-doped  $\text{SrTiO}_3$ . *RSC Advances*, 4(88): 47615–47624.
- Liu, H., Chen, X., Yan, S., Li, Z. & Zou, Z. 2014. Basic molten salt route to prepare porous  $\text{SrTiO}_3$  nanocrystals for efficient photocatalytic hydrogen production. *European Journal of Inorganic Chemistry*, (23): 3731–3735.
- Long, Z., Li, Q., Wei, T., Zhang, G. & Ren, Z. 2020. Historical development and prospects of photocatalysts for pollutant removal in water. *Journal of Hazardous Materials*, 395: 122599.
- Mills dkk., A. 1997. An Overview of Semiconductor Photocatalysis. *Science*, 12(296): 346–347.
- Naimah, S., Ardhanie, S.A., Jati, B.N., Aidha, N.N. & Arianita, A.C. 2014. Degradasi zat warna pada limbah cair industri tekstil dengan metode fotokatalitik menggunakan nanokomposit  $\text{TiO}_2$  – zeolit (color degradation in textile industrial wastewater with). *Jurnal Kimia Kemasan*, 36: 225–236.

- Prasetyo, A.D., Novianti, D.R., Maulidianingtiyas, H. & Prasetyo, A. 2021. Molten Salt Synthesis of Photocatalyst Material  $\text{SrTi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$  ( $x=0; 0,05; 0,1; 0,15$  and  $0,2$ ). 3(June): 0–6.
- Putri, Y.E. 2021.  $\text{SrTiO}_3$  Nanokubus: Sintesis, Kontrol Morfologi dan Sifat Termoelektrik (Tinjauan). *Akta Kimia Indonesia*, 6(1): 83.
- Santoso, I.R. & Purbaningtias, T.E. 2017. Pengaruh Metode Pencucian terhadap Penurunan Kadar Klorin dalam Beras dengan Titrasi Argentometri. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*, (November): 277–285.
- Singh, K., Nowotny, J. & Thangadurai, V. 2013. Amphoteric oxide semiconductors for energy conversion devices: A tutorial review. *Chemical Society Reviews*, 42(5): 1961–1972.
- Sucahya, T.N., Permatasari, N. & Nandiyanto, A.B.D. 2016. REVIEW: Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1): 1–15.
- Tang, Qing-Yuan., Kan, Yan-Mei., Li, Yao-Gang., dan Zhang, Guo-Jun. 2007., Nd/V Co-Doped  $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$  Powder Prepared by Molten Salt Synthesis. *Journal of The American Ceramic Society* 90(10): 3353-3356.
- 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.
- Xian, T. & Yang, H. 2012. Photocatalytic degradation of various dyes by strontium titanate nanoparticles. *Advanced Materials Research*, 418–420: 18–21.
- Xue, P., Wu, H., Lu, Y. & Zhu, X. 2018. Recent progress in molten salt synthesis of low-dimensional perovskite oxide nanostructures, structural characterization, properties, and functional applications: A review. *Journal of Materials Science and Technology*, 34(6): 914–930.
- Zhou, Q., Li, N., Chen, D., Xu, Q., Li, H., He, J. & Lu, J. 2022. Efficient removal of Bisphenol A in water via piezocatalytic degradation by equivalent-vanadium-doped  $\text{SrTiO}_3$  nanofibers. *Chemical Engineering Science*, 247: 116707.

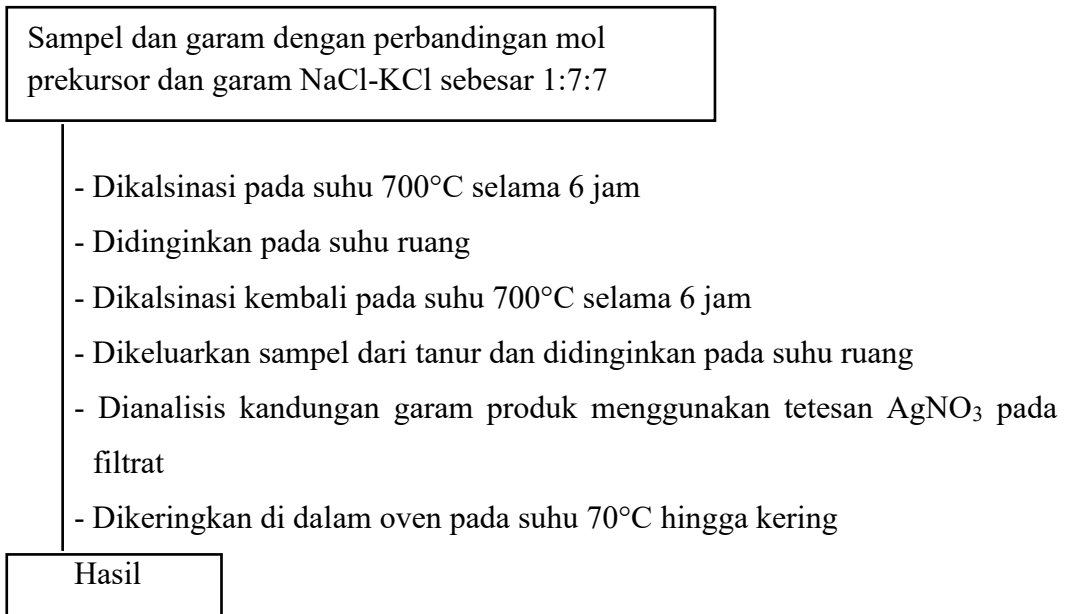
## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Diagram Alir

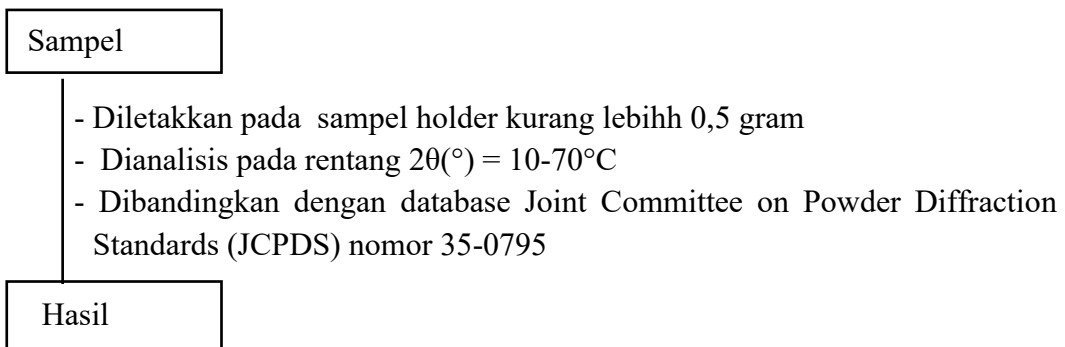
#### L.1.1 Preparasi Bahan dan Pemanasan Awal



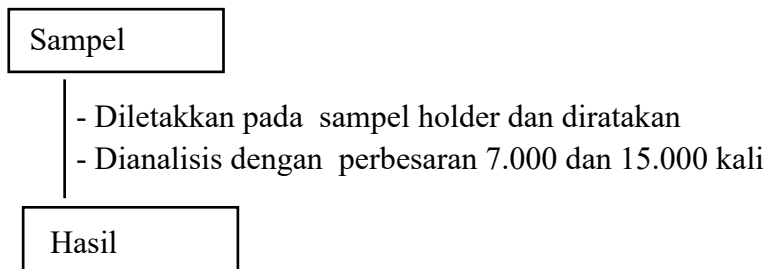
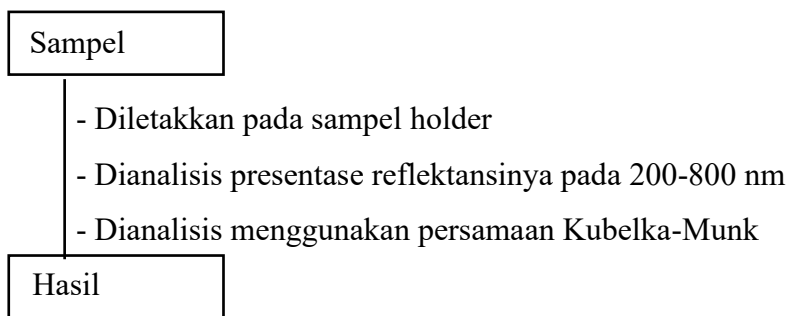
#### L.1.2 Sintesis SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> (x= 0; 0,05; 0,1; 0,15) dengan Metode Lelehan Garam



#### L.1.3 Karakterisasi dan Analisis dengan Teknik XRD





**L.1.4 Karakterisasi dan Analisis dengan Teknik SEM****L.1.5 Karakterisasi dan Analisis dengan Teknik UV-Vis DRS**

## Lampiran 2. Perhitungan Preparasi Bahan

Pada penelitian ini akan disintesis  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) menggunakan lelehan garam NaCl dan KCl dengan target massa produk yaitu 3 gram perbandingan mol  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  ( $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ ) adalah 1:7:7 sehingga perhitungan kebutuhan prekursor diuraikan di bawah ini.

Diketahui :

$$\text{Mr SrCO}_3 = 147,630 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mr TiO}_2 = 79,865 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mr V}_2\text{O}_5 = 181,879 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mr NaCl} = 58,443 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mr KCl} = 74,551 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Ar Sr} = 87,620 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Ar Ti} = 47,867 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Ar O} = 15,999 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Ar V} = 50,942 \text{ gram/mol}$$

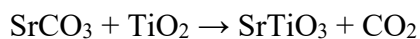
$$\text{Mr SrTiO}_3 = 183,493 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mr SrTi}_{0,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_3 = 183,6377 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mr SrTi}_{0,90}\text{V}_{0,10}\text{O}_3 = 183,7915 \text{ gram/mol}$$

$$\text{Mr SrTi}_{0,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_3 = 183,9452 \text{ gram/mol}$$

### 1. Konsentrasi V = 0



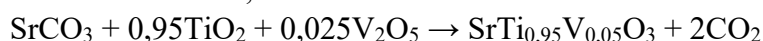
$$\begin{aligned} n \text{ SrTiO}_3 &= \frac{\text{Massa}}{\text{Mr SrTiO}_3} \\ &= \frac{3 \text{ gram}}{183,493 \text{ gram/mol}} \\ &= 0,016349 \text{ mol} \end{aligned}$$

Massa yang diperlukan :

$$\begin{aligned} - \text{ SrCO}_3 &= \text{Mr} \times n \text{ SrCO}_3 \\ &= 147,630 \text{ g/mol} \times 0,016349 \text{ mol} \\ &= 2,4137 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{TiO}_2 &= \text{Mr} \times n \text{TiO}_2 \\
 &= 79,865 \text{ g/mol} \times 0,016349 \text{ mol} \\
 &= 1,3057 \text{ gram} \\
 - \text{NaCl} &= \text{Mr} \times n \text{NaCl} \times 7 \\
 &= 58,443 \text{ g/mol} \times 0,016349 \times 7 \\
 &= 6,688 \text{ gram} \\
 - \text{KCl} &= \text{Mr} \times n \text{KCl} \times 7 \\
 &= 74,551 \text{ g/mol} \times 0,016349 \text{ mol} \times 7 \\
 &= 8,5322 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

2. Konsentrasi V = 0,05

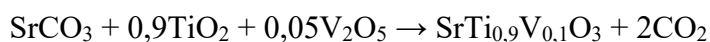


$$\begin{aligned}
 n \text{SrTi}_{0,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_3 &= \frac{\text{Massa}}{\text{Mr SrTiO}_3} \\
 &= \frac{3 \text{ gram}}{183,6378 \text{ gram/mol}} \\
 &= 0,016337 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Massa yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 - \text{SrCO}_3 &= \text{Mr} \times n \text{SrCO}_3 \\
 &= 147,630 \text{ g/mol} \times 0,016337 \text{ mol} \\
 &= 2,4118 \text{ gram} \\
 - \text{TiO}_2 &= \text{Mr} \times n \text{TiO}_2 \\
 &= 79,865 \text{ g/mol} \times 0,016337 \text{ mol} \\
 &= 1,3047 \text{ gram} \\
 - \text{NaCl} &= \text{Mr} \times n \text{NaCl} \times 7 \\
 &= 58,443 \text{ g/mol} \times 0,016337 \text{ mol} \times 7 \\
 &= 6,6831 \text{ gram} \\
 - \text{KCl} &= \text{Mr} \times n \text{KCl} \times 7 \\
 &= 74,551 \text{ g/mol} \times 0,016337 \text{ mol} \times 7 \\
 &= 8,5254 \text{ gram} \\
 - \text{V}_2\text{O}_5 &= \text{Mr} \times n \text{V}_2\text{O}_5 \times n \\
 &= 181,88 \text{ g/mol} \times 0,025 \times 0,016337 \\
 &= 0,041337 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

3. Konsentrasi V = 1



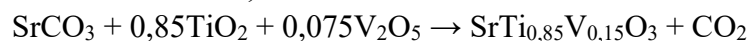
$$\begin{aligned}
 n \text{SrTi}_{0,9}\text{V}_{0,1}\text{O}_3 &= \frac{\text{Massa}}{\text{Mr SrTiO}_3} \\
 &= \frac{3 \text{ gram}}{183,7915 \text{ gram/mol}} \\
 &= 0,016323 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Massa yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 - \text{SrCO}_3 &= \text{Mr} \times n \text{SrCO}_3 \\
 &= 147,630 \text{ g/mol} \times 0,016323 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,4097 \text{ gram} \\
 - \text{TiO}_2 &= \text{Mr} \times n \text{TiO}_2 \\
 &= 79,865 \text{ g/mol} \times 0,016323 \text{ mol} \\
 &= 1,3036 \text{ gram} \\
 - \text{NaCl} &= \text{Mr} \times n \text{NaCl} \times 7 \\
 &= 58,443 \text{ g/mol} \times 0,016323 \text{ mol} \\
 &= 6,6774 \text{ gram} \\
 - \text{KCl} &= \text{Mr} \times n \text{KCl} \times 7 \\
 &= 74,551 \text{ g/mol} \times 0,016323 \text{ mol} \\
 &= 8,5181 \text{ gram} \\
 - \text{V}_2\text{O}_5 &= \text{Mr} \times n \text{V}_2\text{O}_5 \times n \\
 &= 181,88 \text{ g/mol} \times 0,05 \times 0,016323 \\
 &= 1,1731 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

4. Konsentrasi V = 0,15



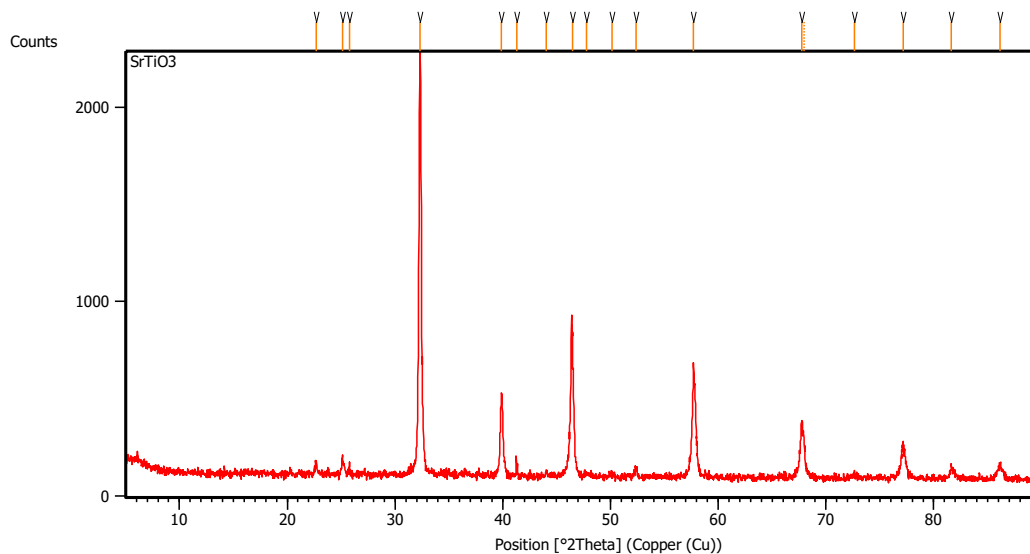
$$\begin{aligned}
 n \text{SrTi}_{0,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_3 &= \frac{\text{Massa}}{\text{Mr SrTiO}_3} \\
 &= \frac{3 \text{ gram}}{183,9453 \text{ gram/mol}} \\
 &= 0,016309 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

Massa yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 - \text{SrCO}_3 &= \text{Mr} \times n \text{SrCO}_3 \\
 &= 147,630 \text{ g/mol} \times 0,016309 \text{ mol} \\
 &= 2,4137 \text{ gram} \\
 - \text{TiO}_2 &= \text{Mr} \times n \text{TiO}_2 \\
 &= 79,865 \text{ g/mol} \times 0,016309 \text{ mol} \\
 &= 1,3025 \text{ gram} \\
 - \text{NaCl} &= \text{Mr} \times n \text{NaCl} \times 7 \\
 &= 58,443 \text{ g/mol} \times 0,016309 \text{ mol} \times 7 \\
 &= 6,668 \text{ gram} \\
 - \text{KCl} &= \text{Mr} \times n \text{KCl} \times 7 \\
 &= 74,551 \text{ g/mol} \times 0,016309 \text{ mol} \times 7 \\
 &= 8,5061 \text{ gram} \\
 - \text{V}_2\text{O}_5 &= \text{Mr} \times n \text{V}_2\text{O}_5 \times n \\
 &= 181,88 \text{ g/mol} \times 0,075 \times 0,0163 \\
 &= 0,2223 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

### Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD

#### L.3.1 Data XRD SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0

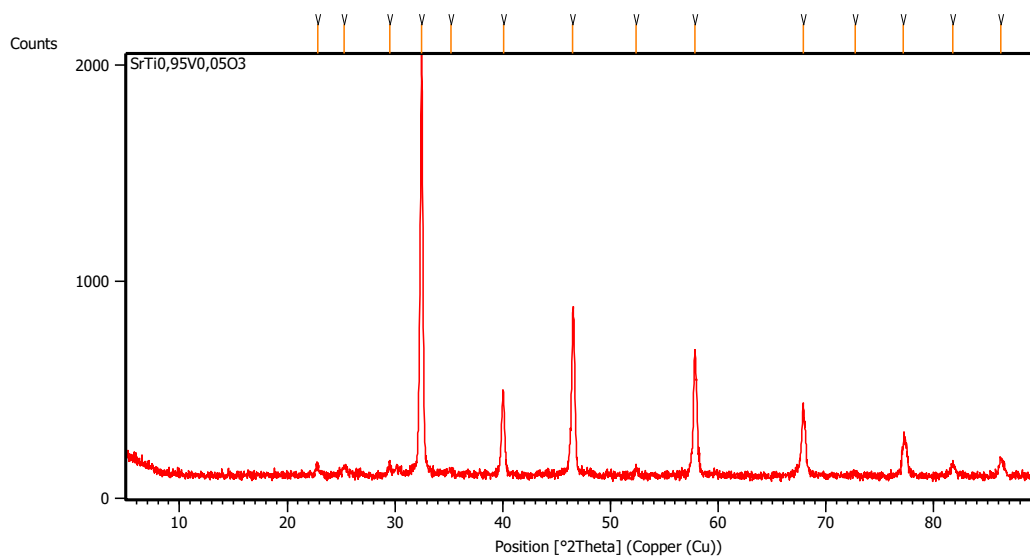


Gambar 4.5 Difraktogram senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0

Tabel L.3.1 Daftar Puncak Senyawa SrTiO<sub>3</sub>

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
22.6805	58.87	0.1673	3.92066	2.74
25.1224	86.61	0.1004	3.54483	4.04
25.7731	37.34	0.1004	3.45678	1.74
32.3211	2145.79	0.1338	2.76987	100.00
39.8942	429.14	0.1506	2.25980	20.00
41.2997	42.31	0.2007	2.18609	1.97
44.0313	41.07	0.1338	2.05660	1.91
46.4561	724.43	0.1506	1.95475	33.76
47.7945	19.01	0.5353	1.90309	0.89
50.1180	16.30	0.5353	1.82017	0.76
52.3991	37.32	0.1673	1.74618	1.74
57.7062	585.85	0.0836	1.59758	27.30
67.7269	282.73	0.1632	1.38241	13.18
67.9658	180.80	0.1632	1.38155	8.43
72.6069	12.69	0.8160	1.30104	0.59
77.1585	191.11	0.1224	1.23525	8.91
81.6560	59.91	0.4080	1.17820	2.79
86.1436	75.47	0.4080	1.12796	3.52

### L.3.2 Data XRD SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0,05

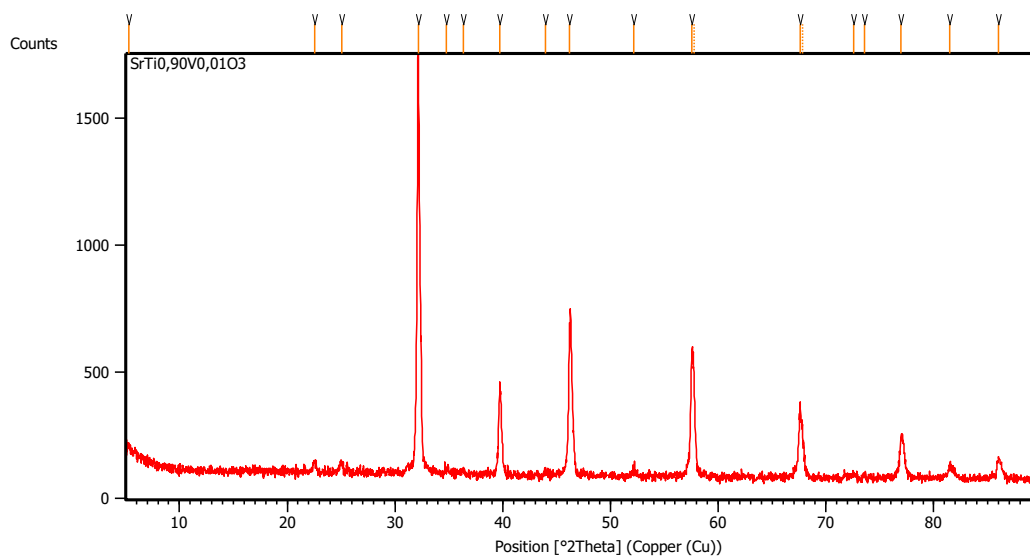


Gambar 4.5 Difraktogram senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0,05

Tabel L.3.1 Daftar Puncak Senyawa SrTi<sub>0,95</sub>V<sub>0,05</sub>O<sub>3</sub>

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
22.8277	50.29	0.1673	3.89570	2.60
25.3068	37.87	0.4015	3.51941	1.96
29.5058	51.48	0.2676	3.02742	2.67
32.4608	1931.42	0.2175	2.75827	100.00
35.1823	13.63	0.5353	2.55089	0.71
40.0758	372.83	0.1506	2.24998	19.30
46.4936	699.96	0.1338	1.95326	36.24
52.3876	37.91	0.2676	1.74654	1.96
57.8274	562.58	0.1506	1.59452	29.13
67.8733	318.80	0.1338	1.38093	16.51
72.7030	12.89	0.4015	1.30064	0.67
77.1870	158.82	0.4015	1.23589	8.22
81.7847	57.92	0.3346	1.17765	3.00
86.2519	80.45	0.4015	1.12775	4.17

### L.3.3 Data XRD SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0,1

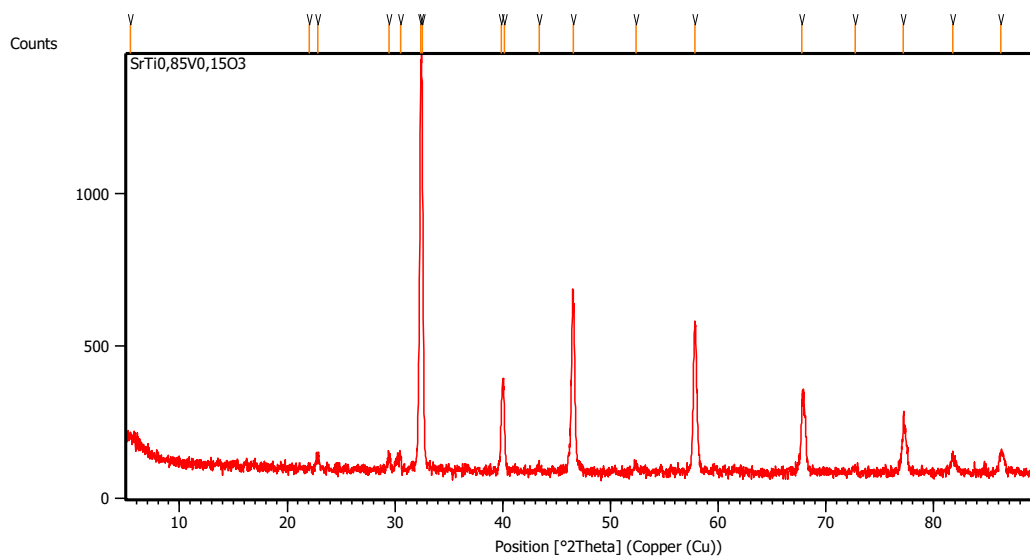


Gambar 4.5 Difraktogram senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0,1

Tabel L.3.1 Daftar Puncak Senyawa SrTi<sub>0,9</sub>V<sub>0,1</sub>O<sub>3</sub>

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
5.3010	50.75	0.8029	16.67111	3.06
22.5320	44.10	0.2676	3.94616	2.66
25.0399	47.19	0.2342	3.55631	2.84
32.1484	1658.83	0.1840	2.78435	100.00
34.7882	19.54	0.4015	2.57888	1.18
36.3400	15.63	0.6691	2.47224	0.94
39.6910	324.91	0.2342	2.27090	19.59
43.9982	14.97	0.4015	2.05807	0.90
46.1832	530.60	0.0836	1.96566	31.99
52.1461	26.97	0.4015	1.75406	1.63
57.5364	454.82	0.2856	1.60056	27.42
57.7611	373.12	0.1224	1.59883	22.49
67.5914	274.84	0.2448	1.38485	16.57
67.8230	190.80	0.1632	1.38411	11.50
72.5989	17.68	0.4896	1.30117	1.07
73.5713	12.10	0.2448	1.28636	0.73
76.9702	163.91	0.2448	1.23780	9.88
81.4635	48.09	0.3264	1.18050	2.90
85.9808	71.91	0.4896	1.12968	4.33

### L.3.4 Data XRD SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0,15



Gambar 4.5 Difraktogram senyawa SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0,15

Tabel L.3.1 Daftar Puncak Senyawa SrTi<sub>0,85</sub>V<sub>0,15</sub>O<sub>3</sub>

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
5.4651	45.18	0.8029	16.17106	3.39
22.0645	4.44	0.4015	4.02869	0.33
22.8217	42.10	0.3346	3.89671	3.16
29.4744	40.94	0.2676	3.03058	3.07
30.4910	50.51	0.1338	2.93182	3.79
32.3756	1332.08	0.1224	2.76304	100.00
32.5081	1294.04	0.1338	2.75436	97.14
39.9000	237.37	0.1171	2.25949	17.82
40.1263	224.41	0.1171	2.24726	16.85
43.3591	16.94	0.4015	2.08691	1.27
46.5153	598.44	0.0669	1.95240	44.93
52.3907	24.83	0.3346	1.74644	1.86
57.8077	467.95	0.1004	1.59502	35.13
67.7802	226.50	0.3011	1.38259	17.00
72.7042	13.31	0.5353	1.30062	1.00
77.1813	179.26	0.0816	1.23494	13.46
81.7599	56.04	0.2007	1.17795	4.21
86.2175	60.97	0.3346	1.12811	4.58



## Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM

Gambar L.4.1 Mikrograf SEM perbesaran 20000 dan 50000x material  $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$  untuk  $x=$  (a) 0; (b) 0,05; (c) 0,1; dan (d) 0,15

## Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-Vis DRS

### L.4.1 Energi celah pita dan panjang gelombang $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$ untuk $x= 0$

Gambar L.4.1 Spektra DRS energi celah pita  $\text{SrTiO}_3$

Nilai panjang gelombang  $\text{SrTiO}_3$  :

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3,20 \text{ eV}} = 387,76 \text{ nm}$$

### L.4.2 Energi celah pita dan panjang gelombang $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$ untuk $x= 0,05$

Gambar L.4.1 Spektra DRS energi celah pita  $\text{SrTi}_{0,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_3$

Nilai panjang gelombang  $\text{SrTi}_{0,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_3$  :

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3,05 \text{ eV}} = 406,82 \text{ nm}$$

### L.4.3 Energi celah pita dan panjang gelombang $\text{SrTi}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_3$ untuk $x= 0,1$

Gambar L.4.1 Spektra DRS energi celah pita  $\text{SrTi}_{0,9}\text{V}_{0,1}\text{O}_3$

Nilai panjang gelombang  $\text{SrTi}_{0,9}\text{V}_{0,1}\text{O}_3$  :

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3,02 \text{ eV}} = 410,86 \text{ nm}$$

**L.4.4 Energi celah pita dan panjang gelombang SrTi<sub>1-x</sub>V<sub>x</sub>O<sub>3</sub> untuk x= 0,15**

Gambar L.4.1 Spektra DRS energi celah pita SrTi<sub>0,85</sub>V<sub>0,15</sub>O<sub>3</sub>

Nilai panjang gelombang SrTi<sub>0,85</sub>V<sub>0,15</sub>O<sub>3</sub> :

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} eV \cdot s \times 3 \times 10^8 m/s}{2,95 eV} = 420,61 nm$$