

**SINTESIS SENYAWA $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ TERDOPING VANADIUM DENGAN
METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl**

SKRIPSI

Oleh

**ANDY NUR MUHAMMAD GUNTUR K
NIM. 15630001**



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

**SINTESIS SENYAWA $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ TERDOPING VANADIUM DENGAN
METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl**

SKRIPSI

**Oleh:
ANDY NUR MUHAMMAD GUNTUR K
NIM. 15630001**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 09 September 2021**

Pembimbing I



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

Pembimbing II



**Oky Bagas Prasetyo, M.Pd
NIDT. 19890113 20180201 1 244**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



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

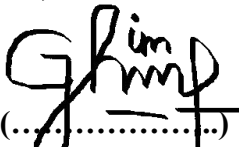
**SINTESIS SENYAWA $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ TERDOPING VANADIUM DENGAN
METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl**

SKRIPSI

Oleh :
ANDY NUR MUHAMMAD GUNTUR K
NIM. 15630001

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 07 September 2021


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


(.....)


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


(.....)

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


(.....)

Pembimbing II : Oky Bagas Prasetyo, M.Pd
NIDT. 19890113 20180201 1 244


(.....)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



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

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andy Nur Muhammad Guntur Kusfitriawan

NIM : 15630001

Jurusan : Kimia

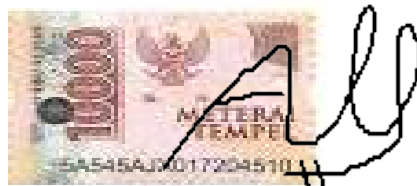
Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : "SINTESIS SENYAWA $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ TERDOPING VANADIUM DENGAN METODE LELEHAN GARAM GARAM CAMPURAN NaCl-KCl"

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

Yang membuat pernyataan

Malang, 20 September 2021



Andy Nur Muhammad Guntur K

NIM. 15630001

MOTTO

“And I can fight only for something that I love, love only what I respect, and respect only what I at least know.”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbilalamin

Dengan mengucap rasa syukur kepada Allah Swt. atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Penulis persembahkan skripsi ini kepada:

Kedua orang tua penulis (Bapak La Haimu, Ibu Sri Kuswardani dan Adik Ferry Kus Dwi Satria) yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, doa, nasihat, materi dan kasih sayang sampai penulis dapat menyelesaikan tulisan ini.

Teman sepenelitian sintesis (Rivah,Hasal, Aldi, Azzah, Indra, Fikri, Usman) yang selalu berbagi ilmu terkait dengan proses penelitian

Majelis cunam-cunam dan sahabat geng (Wahyu, Ridlo, Riza, Samuth, Rosi, Java, Burhan, Brenda, Icus, Siwiw, Shovia) yang telah menemani dalam keadaan suka maupun duka, dan selalu berbagi ilmu dalam bidang kimia.

Semua teman-teman kimia angkatan 2015

Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih telah menjadi bagian dalam hidup dan kesuksesan penulis. Semoga kita semua diberi kemudahan dalam menggapai cita-cita dan tujuan hidup
Amin.....

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal dengan judul **“SINTESIS SENYAWA $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ TERDOPING VANADIUM DENGAN METODE LELEHAN GARAM CAMPURAN NaCl-KCl ”**. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad saw yang telah menerangi dunia dengan cahaya iman dan Islam. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu proses penyusunan proposal ini. Ucapan terima kasih ini, penulis sampaikan kepada:

1. Orang tua tercinta Bapak La Haimu, Ibu Sri Kuswardani, dan Adik Ferry Kus Dwi Satria yang telah banyak memberikan perhatian, kasih sayang, nasihat, doa dan dukungan baik materi maupun moril yang tak mungkin terbalaskan.
2. Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si selaku pembimbing utama yang sabar memberikan bimbingan, pengarahan dan nasehat kepada penulis dalam penyelesaian proposal ini.
3. Bapak Oky Bagas Prasetyo, M.Si selaku dosen pembimbing agama yang dengan sabar memberikan dorongan semangat serta bimbingan dengan penuh keikhlasan.
4. Secara umum kepada seluruh dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya, sebagai pedoman dan bekal bagi penyusun.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan proposal ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dari naskah ini, sehingga nantinya penelitian ini bisa memberikan manfaat khususnya bagi penulis.

Malang, 09 Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
مستخلص	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Senyawa Aurivillius.....	5
2.2 Fotokatalis.....	6
2.3 Senyawa Aurivillius sebagai Material Fotokatalis.....	7
2.4 Sintesis Metode Lelehan Garam.....	9
2.5 Sintesis Senyawa Aurivillius dengan Metode Lelehan Garam	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Pelaksanaan Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan	14
3.3 Tahap Penelitian	14
3.4 Prosedur Kerja	15
3.4.1 Sintesis Senyawa Aurivillius $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{O}_{12}$	15
3.4.2 Sintesis Bismut Titanat dengan Metode Lelehan Garam.....	15
3.4.3 Karakterisasi Hasil dengan Teknik Difraksi Sinar-X.....	16
3.4.4 Karakterisasi Hasil SEM-EDS.....	16
3.4.5 Karakterisasi hasil sintesis dengan <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> (DRS).....	16
3.4.6 Analisis Data.....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18

4.1 Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan metode lelehan garam	18
4.2 Karakterisasi Hasil Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan XRD	20
4.3 Karakterisasi Hasil Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan SEM	21
4.4 Karakterisasi Hasil Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan UV-Vis.....	24
4.4 Sintesis dan Karakterisasi $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping V dalam Prespektif Islam.....	27
BAB V PENUTUP.....	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir.....	33
Lampiran 2 Perhitungan.....	35
Lampiran 3 Hasil Karakterisasi menggunakan XRD.....	40
Lampiran 4 Hasil Karakterisasi menggunakan SEM.....	50
Lampiran 5 Hasil Karakterisasi menggunakan UV-DRS	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Aurivillius	5
Gambar 2. 2 Ilustrasi semikonduktor atau material fotokatalis	6
Gambar 2. 3 Mekanisme penelitian menggunakan garam cair	9
Gambar 2. 4 Hasil XRD senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan menggunakan lelehan garam NaCl-KCl.....	11
Gambar 2. 5 Morfologi senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan garam NaCl – KCl pada suhu 800°C selama 2 jam	12
Gambar 2. 6 Pola XRD pada $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ doping Pr^{3+} dengan garam NaCl–KCl dengan variasi (800, 850, 900 dan 950°C).....	12
Gambar 2. 7 Morfologi sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ doping Pr^{3+} dengan metode lelehan garam NaCl - KCl yang disintesis dengan variasi suhu (a) 800, (b) 850, (c) 900, dan (d) 950°C selama 4 jam	13
Gambar 4. 1 Perubahan warna sintesis	19
(a) sampel saat sebelum dipanaskan	19
(b) Sampel sesudah pemanasan kedua (850°C)	19
Gambar 4.2. Sampel senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20$).....	20
Gambar 4.3 Pola Difraksi Sinar-x Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x: 0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,2$)	21
Gambar 4.4 Morfologi partikel senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ (a) $x= 0$; (b) $x= 0,05$; (c) $x=0,1$; (d) $x= 0,15$; dan (e) $x= 0,2$)	22
Gambar 4.5 Spektra UV-Vis DRS reflektansi (%R) dengan panjang gelombang dengan variasi doping vanadium 0,05; 0,1; 0,15; dan 0,2	25
Gambar 4.6 Hubungan antara $(FR*hv)^{1/2}$ dengan energi celah pita (hv).....	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Energi celah pita beberapa material Aurivillius.....	8
Tabel 3.1 Massa tiap-tiap bahan prekursor untuk mendapatkan senyawa.....	15
Tabel 4.1 Ukuran Partikel Hasil Sintesis	23
Tabel 4.2 Nilai energi celah pita dan serapan sinar panjang gelombang material fotokalis	26

ABSTRAK

Guntur, Andy Nur Muhammad. 2021. **Sintesis Material $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Terdoping Vanadium dengan Menggunakan Metode Lelehan Garam NaCl-KCl.** Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : Dr. Anton Prasetyo M. Si.

Kata kunci: $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$), doping V, energi celah pita, metode lelehan garam.

Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ adalah senyawa Aurivillius lapis tiga yang dilaporkan berpeluang digunakan sebagai material fotokatalis. Salah satu usaha untuk memperbaiki sifat fotokatalitik yaitu dengan mendoping $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan dopan logam yang bertujuan untuk menurunkan energi celah pitanya (2,71 eV) sehingga dapat bekerja pada spektrum daerah cahaya tampak yang lebih luas (450-600) nm. Dalam penelitian ini, akan dilakukan sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping logam vanadium ($\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$)) menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl/KCl pada suhu 750°C selama 10 jam dengan rasio molar sampel dengan garam 1:7:7. Difaktogram senyawa ($\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$)) menunjukkan bahwa sampel berhasil disintesis namun diperoleh juga pengotor yaitu senyawa BiO_3 pada $x=0,05$ dan $0,2$. Mikrograf SEM menunjukkan bahwa sampel memiliki morfologi *plate-like*. Sedangkan spektra UV-Vis DRS menunjukkan munculnya serapan panjang gelombang cahaya tampak yang disebabkan adanya dopan vanadium. Pada hasil spektra UV-Vis DRS terjadi penurunan energi celah pita seiring terjadinya peningkatan dopan vanadium.

ABSTRACT

Guntur, Andy Nur Muhammad. 2021. **Synthesis of Material $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Doped Vanadium using the Molten Salt Method NaCl-KCl**. Department of Chemistry Science and Technology Faculty, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor : Dr. AntonPrasetyo M. Si.

Keyword: $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x = 0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$), V doping, band gap energy, molten salt method.

$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ is a three-layer Aurivillius compound which is reported to have a potential use as a photocatalyst material. One of the efforts to improve the photocatalytic properties is by doping $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ with metal dopants which aims to reduce its band gap energy (2.71 eV) so that it can work on a wider spectrum of visible light areas (450-600) nm. In this research, the synthesis of $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ doped with vanadium metal ($\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x = 0; 0.05; 0.1; 0.15; 0.2$)) will be carried out using the molten NaCl salt method at 850 ° C for 6 hours. with the molar ratio of the sample to salt 1: 7. The diffractogram of the compound ($\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x = 0; 0.05; 0.1; 0.15; 0.2$)) showed that the sample was successfully synthesized but also obtained impurities, namely the BiO_3 compound. SEM micrographs show that the samples have *plate-like* morphology. Meanwhile, the DRS UV-Vis spectra show the appearance of visible light wavelength absorption due to the presence of vanadium dopants. On the result Of the UV-Vis DRS Spectra there was a decrease in band gap a long with the increase in vanadium dopant.

مستخلص البحث

كونتور، أندي نور محمد. ٢٠٢١. تركيب مادة $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ بتنشيط الفناديوم باستخدام طريقة ذوبان ملح NaCl - KCl . قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانق. المشرف: الدكتور أنطان براستيا الماجستير.

الكلمات الأساسية: ($x=20,0; 15,0; 10,0; 05,0; 0$); $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$; تنشيط V ، طاقة فجوة النطاق، طريقة ذوبان ملح.

يعتبر مستحضر $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ من مستحضر Aurivillius بثلاث طبقات حيث لديه القدرة على استخدامها كمادة حفاز ضوئي. ومن إحدى الطرائق لتحسين خصائص حفاز ضوئي هي عن طريق تعاطي تنشيط $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ بالمنشطات المعدنية لتقليل طاقة فجوة النطاق ($2,71 \text{ eV}$) حيث يمكن أن تعمل في نطاق أوسع من طاقة الضوء المرئي ($450-600$) نانومتر. وفي هذا البحث، سيتم إجراء تصنيع $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ بتنشيط الفناديوم $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=20,0; 15,0; 10,0; 05,0; 0$) باستخدام طريقة ذوبان ملح مزيج NaCl/KCl عند 650 درجة مئوية لمدة 10 ساعات مع النسبة المولية للعينة إلى الملح $1:1$: $05,0; 10,0; 15,0; 20,0$ ($x=20,0; 15,0; 10,0; 05,0; 0$) $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ يدل على أن العينة توليفها بنجاح ولكن توجد أيضا قدرة وهي مستحضر BiO_3 في $05,0; 10,0$ $x=$ و. ميكروكراف SEM يدل على أن العينة تملك مورفولوجيا تشبه الصفيحة. حينما أطياف UV-Vis DRS تدل على أن وجود امتصاص الطول الموجي للضوء المرئي يسببه وجود تنشيط الفناديوم. وفي نتيجة أطياف UV-Vis DRS، هناك انخفاض في طاقة فجوة النطاق مع زيادة تنشيط الفناديوم.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil telah menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan yaitu limbah zat warna. Beberapa cara pengolahan limbah cair tekstil telah banyak dikembangkan oleh para penelitian yaitu metode klorinasi, ozonisasi, biodegradasi dan adsorpsi. Metode-metode tersebut juga mempunyai kelemahan yaitu biaya operasional tinggi dan relatif sulit diterapkan di Indonesia. (Alinsafi,dkk., 2006).

Metode pengolahan limbah yang dilaporkan mempunyai potensi yang sangat baik adalah teknologi fotokatalis. Pada teknologi ini terjadi reaksi kimia yang pada permukaan bahan katalis semikonduktor dengan melibatkan cahaya sebagai sumber energi. Teknologi fotokatalis dilaporkan berpeluang digunakan untuk (a) mendegradasi limbah zat warna, dan (b) digunakan pada proses water splitting yang menghasilkan gas hidrogen. Beberapa material semikonduktor yang dilaporkan berpotensi digunakan dalam teknologi fotokatalis adalah ZnO, TiO₂, CdS dan Fe₂O₃. (Slamet, dkk., 2003). Salah satu jenis material oksida yang berpeluang digunakan sebagai material fotokatalis adalah oksida berstruktur Aurivillius (Yao, dkk.,2004).

Dalam Islam, Allah menciptakan semua yang berada di bumi ini untuk untuk dijaga dan tidak dirusak oleh manusia sendiri. Sebagaimana firman Allah dalam surah Ar- Rum ayat 41:

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

لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya :

Telah nampak kerusakan di darat dan di lautan akibat perbuatan tangan (maksiat) manusia, supaya Allâh merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)

Dalam ayat yang mulia ini, Allah Subhanahu wa Ta'ala menyatakan bahwa penyebab utama semua kerusakan yang terjadi di muka bumi dengan berbagai bentuknya adalah perbuatan buruk dan maksiat yang dilakukan manusia. Ini menunjukkan bahwa perbuatan maksiat adalah inti kerusakan yang sebenarnya dan merupakan sumber utama kerusakan-kerusakan yang tampak di muka bumi.

Tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa surat Ar-Rum ayat 41 itu menjadi petunjuk bahwa berkurangnya hasil tanam-tanaman dan buah-buahan adalah karena banyak perbuatan maksiat yang dikerjakan oleh para penghuninya. Abul Aliyah mengatakan bahwa barang siapa yang berbuat durhaka kepada Allah di bumi, berarti dia telah berbuat kerusakan di bumi, karena terpeliharanya kelestarian bumi dan langit adalah dengan ketaatan. (Beirut: Dar al-Ma'rifah, 1978). Dalam penelitian ini mengingatkan agar manusia melindungi alam yang telah rusak yang diakibatkan oleh orang-orang yang tidak bertanggung jawab atas kerusakan alam (membuang limbah secara langsung).

Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ adalah material oksida Aurivillius lapis tiga. Senyawa Aurivillius memiliki rumus umum $\text{Bi}_2\text{O}_2 [\text{A}_{n-1}\text{B}_n\text{O}_{3n+1}]$ yang tersusun dari gabungan lapisan bismuth dengan lapisan perovskit. Kation A merupakan ion bermuatan +1, +2, atau +3 yang memiliki koordinasi dodekahedral misalnya (Na^+ , Pb^{2+} , dan Bi^{3+}). Kation A berupa logam alkali, alkali tanah, unsur tanah jarang, atau campurannya dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan kation B . Kation B berupa unsur transisi yang memiliki koordinasi oktahedral misalnya (Fe^{3+} , Ti^{4+} , Ta^{5+} , dan W^{6+}), sedangkan n adalah bilangan bulat ($1 \leq n \leq 8$) yang menunjukkan jumlah oktahedral pada lapisan perovskit (Borg, dkk., 2002). Beberapa pihak telah melaporkan bahwa material Aurivillius berpotensi sebagai fotokatalis. Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dilaporkan mempunyai *band gap* sebesar 2,9 eV, sehingga senyawa ini akan efektif bekerja di daerah UV namun jika diterapkan di Indonesia maka tidak efektif karena penyusun utama sinar matahari adalah sinar tampak. Usaha-usaha untuk memperbaiki hal tersebut adalah dengan cara pendopongan dengan logam lain semisal vanadium. Handayani, (2018) telah melakukan sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan doping vanadium dengan metode reaksi keadaan padatan dan masih ditemukan fasa pengotor yaitu VO_2 . Hasil pengukuran nilai *band gap* diperoleh hasil bahwa doping vanadium mampu

menurunkan nilai energi celah pita menjadi 2,71 eV sehingga bisa bekerja di daerah cahaya tampak.

Metode sintesis lelehan garam merupakan salah satu metode yang melibatkan lelehan garam sebagai media dalam sintesis oksida. Metode ini menggunakan lelehan garam sebagai sebagai medium untuk bereaksi antar prekursor dan mampu menghasilkan partikel dengan morfologi yang unik dan suhu sintering yang rendah (Kimura,dkk., 2006 dan Setasuwon,dkk., 2015). Kelebihan metode ini dalam hal kontrol morfologi partikel menjadi penting untuk aplikasi fotokatalitik karena banyak pihak telah melaporkan bahwa morfologi partikel berpengaruh terhadap aktivitas fotokatalitik (Lu, dkk., 2018) menyatakan telah berhasil melakukan sintesis SnO_2 dengan menggunakan metode hidrotermaldan diperoleh bahwa nanopartikel SnO_2 dengan ukuran yang sama dan bentuk seperti bunga. Namun, partikel-partikelnya masih padat dan tidak terdistribusi. Selain itu, menunjukkan bahwa fotokatalis sangat jelas dan homogen.

Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi sintesis lelehan garam adalah suhu sintering, jenis garam, laju pendinginan sintering, dan jenis perkursor. Akdogan, dkk. (2006) menyatakan bahwa jenis garam berpengaruh pada senyawa produk yang dihasilkan. Agustina, dkk. (2019) telah melakukan sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping V^{3+} dengan metode lelehan garam tunggal NaCl dan tidak diperoleh fasa tunggal dan masih ditemukan pengotor $\text{NaV}_6\text{O}_{11}$ dan BiNaO_3 . Oleh karenanya diperlukan usaha dengan merubah variable/kondisi pada sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan doping V^{3+} sehingga diharapkan diperoleh produk yang murni. Salah satu variabel yang bisa dirubah adalah penggantian jenis garam.

Dari uraian di atas maka pada penelitian ini akan dilakukan sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping V^{3+} ($\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan $x= 0;0,05;0,1;0,15$ dan $0,2$) menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl-KCl . Hasil sintesis akan dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk fasa senyawa produk. *Scanning electron microscopy*. (SEM)-EDS untuk mengetahui morfologi dan komposisi unsur dari sampel, dan *Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-VIS DRS) untuk mengetahui energi celah pita.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana struktur, morfologi partikel dan nilai energi celah pita dari senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan $x= 0; 0,05; 0,1; 0,15$ dan $0,2$ yang disintesis dengan menggunakan metode lelehan garam sebagai fotokatalis ?

1.3 Tujuan

Mengetahui struktur, morfologi partikel dan nilai celah pita dari senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping V^{3+} menggunakan metode lelehan garam sebagai fotokatalis.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

- a. Ratio mol $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}:\text{NaCl}-\text{KCl}$ yang digunakan adalah 1:7:7.
- b. Pemanasan yang dilakukan pada suhu 850°C .

1.5 Manfaat

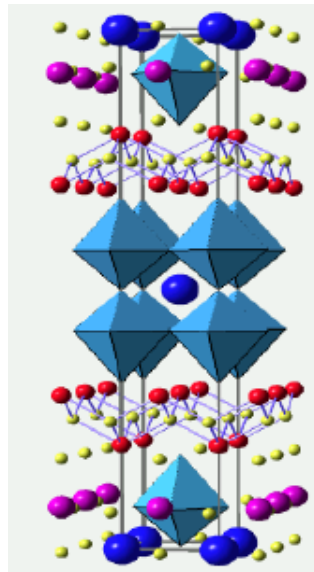
Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat dan penelitian tentang karakteristik struktur, ukuran partikel, dan aktivitas material fotokatalis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan terdoping V^{3+} menggunakan metode lelehan garam. Selain itu juga dapat membantu pengembangan ilmu dan teknologi material mengenai karakteristik dan desain material fotokatalis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Senyawa Aurivillius

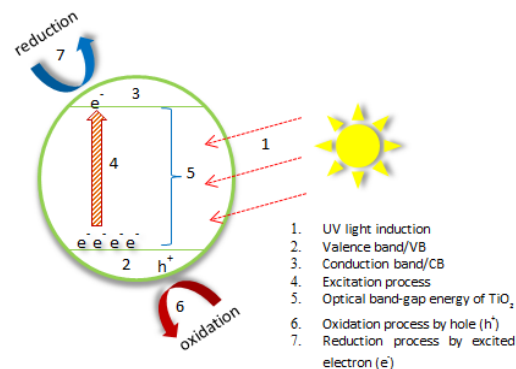
Senyawa berstruktur Aurivillius ditemukan oleh Bengt Aurivillius pada tahun 1949 yang berhasil mensintesis $\text{CaBi}_2\text{Bi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ dan $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. Senyawa Aurivillius adalah material oksida dengan rumus umum $M_2A_{m-1}B_m\text{O}_{3m+3}$, dimana m adalah bilangan bulat yang menunjukkan banyaknya lapisan perovskite (Subbarao, dkk., 1962). Kation A memiliki ukuran besar, namun memiliki muatan relatif kecil, seperti Na^+ , Pb^{2+} , dan Bi^{3+} . Kation B berkebalikan dari kation A , yaitu kation yang berukuran lebih kecil, namun memiliki muatan yang lebih besar daripada kation A seperti Fe^{3+} , Ti^{4+} , Ta^{5+} , dan W^{6+} (Kasap dan Capper, 2006). Struktur senyawa Aurivillius ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Aurivillius (Rizal, Muhammad, 2007)

Oksida Aurivillius berpeluang digunakan sebagai material industri elektronik seperti sebagai *Ferroelectric random-access memory* (FRAM), *Dynamic random-access memory* (DRAM) (Jahidul, dkk., 2013). Beberapa tahun terakhir banyak pihak melaporkan potensi oksida ini sebagai material fotokatalias

yang dapat digunakan sebagai bahan pendegradasi limbah dan sebagai katalis dalam memproduksi gas hidrogen. Zhao, (2011) menyatakan bahwa degradasi fotokatalitik dari senyawa organik telah menarik banyak perhatian karena potensinya untuk memurnikan air limbah yang dikeluarkan dari industri dan rumah tangga karena toksisitasnya yang rendah, kelimpahan, fotostabilitas tinggi, dan efisiensi tinggi. Senyawa Aurivillius dapat mendegradasi limbah pada senyawa organik. (Nakada,dkk.,2013), baru-baru ini menunjukkan bahwa Aurivillius halida berlapis seperti memiliki struktur pita unik yang memiliki kemungkinan dapat digunakan proses *water splitting* pada cahaya tampak. Ilustrasi semikonduktor atau material fotokatalis ditampilkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Ilustrasi semikonduktor atau material fotokatalis (Dong,dkk.,2014)

2.2 Fotokatalis

Fotokatalisis adalah reaksi perpaduan antara fotokimia dan katalis. Hal ini merupakan proses transformasi kimiawi yang melibatkan bantuan foton atau sinar sebagai pemicu dan pemercepat berlangsungnya proses transformasi tersebut. Proses ini memiliki kemiripan dengan proses yang terjadi pada tumbuhan yakni mekanisme fotosintesis (Balitro, dkk., 2012). Umumnya proses yang terjadi pada material fotokatalis dimanfaatkan pada berbagai bidang kehidupan diantaranya anti kabur, penghilang bau, material *self-cleaning* pemurnian dan penjernihan air, antibakteri, anti tumor atau kanker bahkan digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik (Dony,dkk., 2013), degradasi berbagai polutan cair seperti pewarna *Rhodamin B* (Ge,dkk., 2014), metilen biru dan orange, degradasi *bisfenol*

(Katsumata, dkk., 2013), penurunan polutan gas di udara seperti NO_2 , SO_2 (Agusta, dkk., 2012).

Mekanisme fotokatalisis secara sederhana diilustrasikan pada Gambar 2.2. Suatu semikonduktor apabila dikenai sinar atau foton sesuai atau melebihi energi celah pita material fotokatalis, maka elektron akan tereksitasi dari keadaan dasar (*valence band*/pita valensi) ke tingkat energi yang lebih tinggi atau *excited state* (*conduction band*/pita konduksi) menghasilkan *elektron* (e) dan *hole* (h^+) (Syam,2014). Setelah *elektron* dan *hole* terpisah, sebagian besar elektron dan *hole* ini akan berinteraksi kembali di permukaan atau *bulk* partikel atau yang disebut dengan efek rekombinasi e dan *hole* bereaksi dengan zat warna yang mengakibatkan zat warna mengalami degradasi.

Senyawa semikonduktor yang dilaporkan berpotensi digunakan sebagai material fotokatalis adalah: (a) fotokatalis oksida seperti TiO_2 , ZnO , FeO_3 , V_2O_5 (b) jenis sulfida seperti FeS , ZnS , MoS_2 , CdS dan PbS ; (c) jenis selenida seperti CdSe ; (4) material heterostruktur berbasis oksida seperti TiO_2 dengan CdS , SnO_2 , ZnO atau CdSe (Balitro, dkk., 2012). Beberapa material yang dilaporkan juga berpotensi sebagai fotokatalis adalah jenis fosfat Ag_3PO_4 dan $\text{SrSn}(\text{OH})_6$ (Sulaeman,dkk.,2014)

2.3 Senyawa Aurivillius sebagai Material Fotokatalis

Beberapa material Aurivillius dilaporkan mempunyai potensi sebagai material fotokatalis. Nilai energi celah dari beberapa material Aurivillius dirangkum pada Tabel 2.1. Dari Tabel 2.1 dapat diketahui bahwa energi celah senyawa Aurivillius berada didaerah UV, sehingga menjadi kurang efektif, sehingga diperlukan pendopingan untuk menurunkan nilai energi tersebut sehingga dapat digunakan pada cahaya tampak (Coleman dan Jagadish, 2006). Salah satu teknik untuk menurunkan *Bandgap* yaitu dengan melakukan pendopingan.

Tabel 2.1 *Bandgap* beberapa material Aurivillius (Pin,Hao, 2013)

Material	Energi celah (eV)
TiO ₂	3,20
Bi ₄ Ti ₃ O ₁₂	3,00
Bi ₂₆ TiO ₃₂	2,36

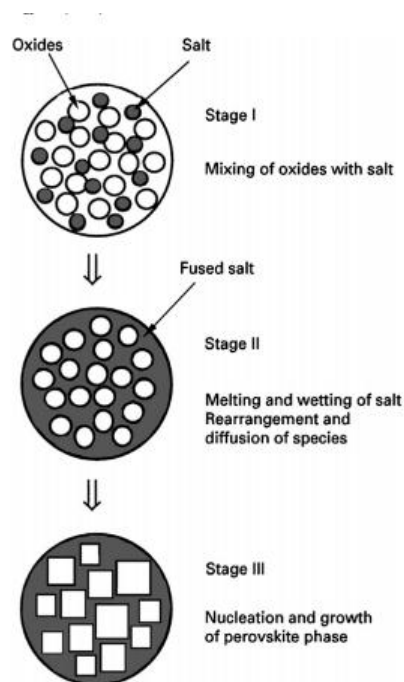
Chung,dkk. (2013) melaporkan bahwa senyawa doping lanthanum dan doping kobalt mampu menurunkan energi celah dari senyawa BIT. Senyawa BIT dilaporkan mempunyai energi celah sebesar 3,1 eV, sedangkan yang terdoping lanthanum mempunyai energi celah sekitar 3,0eV dan yang didoping dengan lanthanum dan kobalt sebesar 2,5eV. Zhiwu,dkk. (2016) juga melaporkan bahwa senyawa BIT yang terdoping krom (Bi₄Ti_{2.85}Cr_{0.15}O₁₂) mengalami pergeseran serapan cahaya ke arah cahaya tampak. Perhitungan secara teoritis dengan metode *density functional theory* (DFT) menunjukkan bahwa pita konduksi (CB) dari Bi₄Ti₃O₁₂ terutama disebabkan orbital Ti 3*d* + Bi 6*p*, dan pita valensi (VB) terdiri dari orbital hibrida O 2*p* + Bi 6, sedangkan dengan doping krom maka pita konduksinya disebabkan dari orbital Ti 3*d* + Bi 2*p* + Cr 3*d*, dan orbital hibrida O 2*p* + Cr 3*d* adalah kontribusi utama bagi VB. Kontribusi elektron Cr pada 3*ddi* atas VB dan CB yang memunculkan serapan di daerah cahaya tampak.

Banyak pihak juga telah melaporkan uji fotokatalitik pada senyawa Aurivillius. Yongbao, dkk. (2016) melaporkan aktivitas fotokatalis Bi₄Ti₃O₁₂ nanosheet terdoping Fe³⁺ dan ditambahkan logam Au berhasil mendegradasi *bisphenol A* dan *phenol* sebesar 99,2% selama 50 menit. Naresh, 2015 menyatakan bahwa stabilitas fotokatalis dan penggunaan kembali adalah masalah penting untuk penggunaan praktisnya. Untuk tujuan ini, degradasi fotokatalitik RhB atas Bi₅LaTi₃Fe₂O₁₈ dilakukan selama lima siklus berturut-turut). Telah diamati bahwa 96 % *Rhodamine B* (RhB) terdegradasi setelah lima kali percobaan berturut-turut dalam 30 menit iradiasi matahari, menunjukkan keuntungan dalam aktivitas katalis.

2.4 Sintesis Metode Lelehan Garam

Metode lelehan garam merupakan salah satu metode preparasi senyawa pada fase padat yang melibatkan penggunaan lelehan garam sebagai media preparasi. Garam dengan titik leleh rendah ditambahkan kedalam reaktan dan dipanaskan sampai melebihi titik leleh dari garam. Garam yang leleh ini digunakan sebagai pelarut (Sikalidis,dkk.,2011).

Pada penelitian (Kimura,dkk.,2011) menjelaskan bahwa pada metode lelehan garam ini melalui beberapa proses. Proses pertama adalah proses pencampuran prekursor dengan garam, dengan perbandingan jumlah garam yang jauh lebih banyak daripada jumlah prekursor. Proses selanjutnya adalah proses homogenasi yang dilakukan dalam krus alumina dan kemudian dipanaskan sampai suhu diatas suhu eutektik dan didinginkan. Setelah dingin, produk kemudian dicuci menggunakan air hangat untuk memisahkan garam dari prekursor, yang kemudian dikeringkan untuk mendapatkan produk kering. Mekanisme penelitian menggunakan garam cair ditampilkan pada Gambar 2.3.

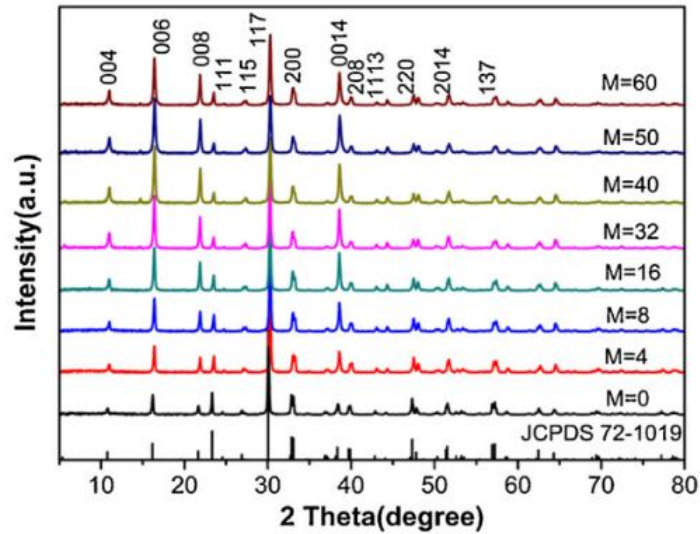


Gambar 2.3 Mekanisme penelitian menggunakan garam cair (Xue,dkk., 2017)

Secara umum, dalam proses metode lelehan garam, dua mekanisme reaksi mendasar terlibat selama pembentukan produk akhir. Yaitu (1) adalah semua oksida reaktan sepenuhnya dilarutkan dalam garam cair dan berdifusi untuk bereaksi dalam waktu singkat, (2) beberapa reaktan jauh lebih larut dalam garam cair dari pada komponen lainnya, sehingga mereka berdifusi ke permukaan komponen lain dan bereaksi dengan mereka, membentuk produk akhir dengan morfologi yang sama dengan reaktan yang kurang larut. Selama tahap pertumbuhan partikel, luas permukaan total berkurang, dengan demikian, akhirnya permukaan dengan energi tinggi menghilang, dan morfologi produk akhir terdiri dari bidang kristalografi dengan energi permukaan terendah, mencapai keadaan kesetimbangan (Piaojie,dkk.,2017).

2.5 Sintesis Senyawa Aurivillius dengan Metode Lelehan Garam

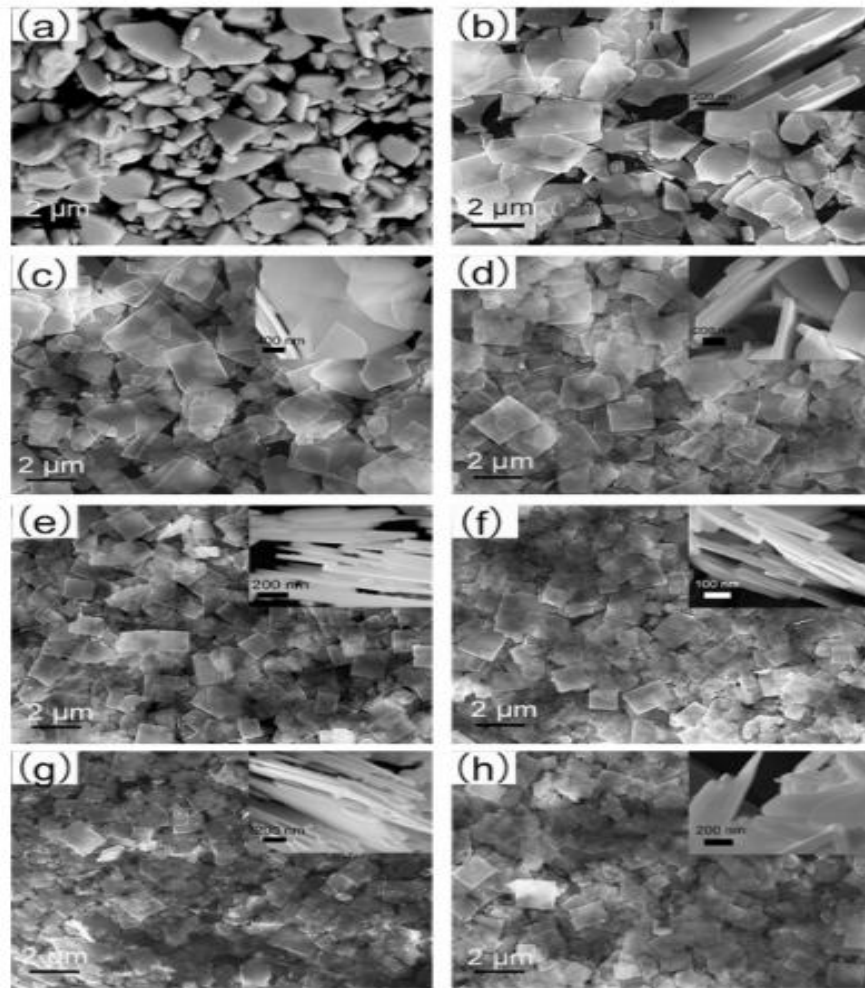
Metode lelehan garam telah banyak digunakan untuk mensintesis senyawa Aurivillius. He,dkk. (2014) melaporkan telah mensintesis senyawa BIT dengan menggunakan lelehan garam NaCl-KCl. Hasil karakterisasi dengan XRD ditampilkan pada Gambar 2.4 dari data tersebut menunjukkan bahwa senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ berhasil disintesis tanpa terdapat pengotor dan diperoleh kristalinitas yang tinggi. Hasil karakterisasi dengan SEM yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 menunjukkan senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ yang disintesis dengan menggunakan lelehan garam NaCl-KCl, memiliki morfologi partikel berbentuk *plate-like* dengan ukuran yang seragam.



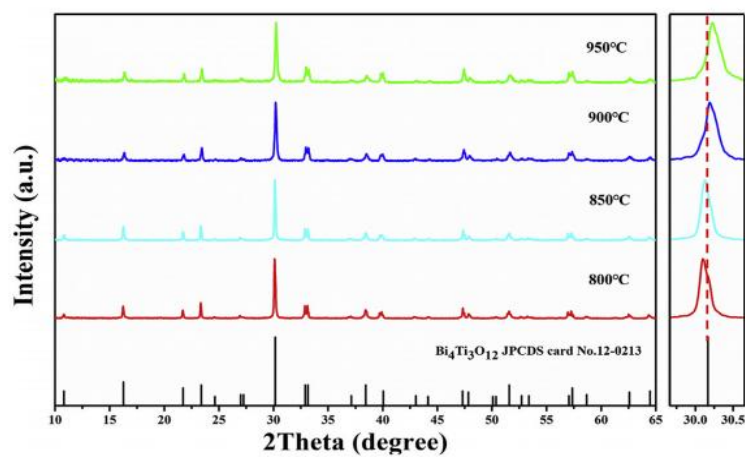
Gambar 2.4 Hasil XRD senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan menggunakan lelehan garam NaCl–KCl (He, dkk., 2014)

Zhang, dkk. (2018) mensintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ terdoping Pr^{3+} dengan menggunakan metode lelehan garam NaCl-KCl yang divariasi suhu dari 800-950 °C selama 4 jam ditunjukkan pada Gambar 2.6 diketahui bahwa senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ telah berhasil terbentuk dengan fasa *ortorombik* dan tidak ada fasa pengotor.

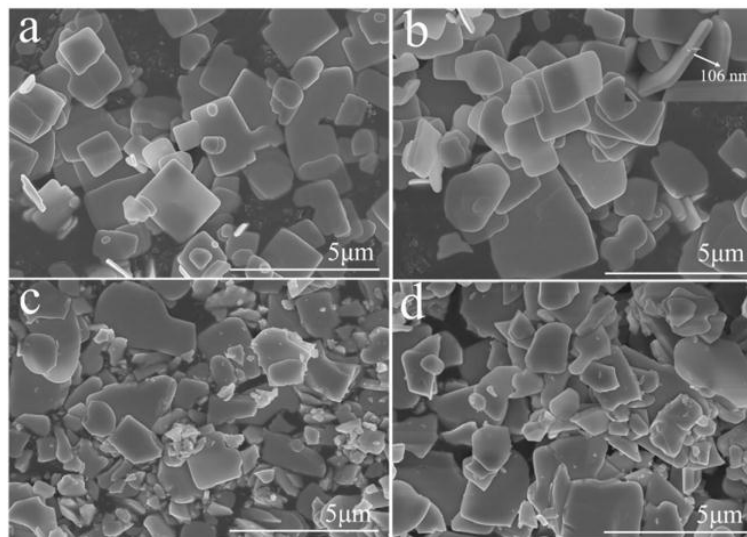
Hasil karakterisasi menggunakan SEM ditampilkan pada Gambar 2.7 menunjukkan hasil morfologi sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ doping Pr^{3+} dengan metode lelehan garam NaCl-KCl yang disintesis pada suhu 800 dan 850°C mempunyai morfologi *plate-like* yang seragam (0,5–2 μm) dan halus dengan ketebalan lembaran 106 nm. Namun dengan meningkatnya suhu sintesis 900°C menjadi 950°C morfologinya berubah dari *plate-like* menjadi tidak beraturan dan *sheet* menjadi lebih tebal.



Gambar 2.5 Morfologi senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ dengan garam NaCl–KCl padasuhu 800°C selama 2 jam (He, dkk.,2014).



Gambar 2.6 Pola XRD pada $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ doping Pr^{3+} dengan garam NaCl–KCl dengan variasi (800 , 850 , 900 dan 950°C) (Zhang, dkk.,2018).



Gambar 2.7 Morfologi sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ doping Pr^{3+} dengan metode lelehan garam NaCl - KCl yang disintesis dengan variasi suhu (a) 800, (b) 850, (c) 900, dan (d) 950°C selama 4 jam (Zhang, dkk., 2018)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2021 yang bertempat di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan antara lain seperangkat alat gelas, aluminium foil, spatula, *mortar agate*, neraca analitik, tanur, *hotplate*, XRD, SEM, dan UV-VIS DRS.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bi_2O_3 , TiO_2 , V_2O_3 , NaCl , KCl , AgNO_3 , dan akuades.

3.3 Tahap Penelitian

a. Tahap preparasi bahan dan pemanasan awal

Proses ini mencakup pengadaan bahan dan alat, perhitungan jumlah bahan penggilingan (*grinding*) material awal, proses homogenasi dan proses pemanasan awal. Proses ini dilakukan dibawah titik leleh garam yang bertujuan untuk menaikkan titik didih dari komponen yang bereaksi.

b. Tahapan sintesis bismuth titanat terdoping vanadium dengan metode lelehan garam.

Dalam proses mencampurkan V_2O_3 kedalam sampel tersebut dan ditambahkan dengan garam NaCl dan KCl . Selanjutnya didinginkan pada suhu ruang, dan penghilangan garam menggunakan air panas.

c. Tahapan proses karakterisasi

Proses ini meliputi (a) analisis produk sintesis dengan XRD, (b) analisis morfologi produk dengan SEM, dan (c) analisis perubahan nilai energi celah pita menggunakan UV-DRS.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Sintesis Senyawa Aurivillius $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$

Senyawa Aurivillius $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$) disintesis dengan metode lelehan garam campuran NaCl-KCl dengan perbandingan molar 7/7. Prekursor ditimbang sesuai dengan stoikiometri reaksi dengan massa senyawa target ($\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$) adalah 3 gram. Komposisi prekursor yang digunakan dirangkum dalam Tabel 3.1. Pada tahap pertama prekursor Bi_2O_3 , TiO_2 , V_2O_3 , dan garam NaCl-KCl ditempatkan dalam mortar *agate* dan digerus selama 1 jam dengan ditambahkan pelarut aseton untuk menghomogenkan campuran.

Tabel 3.1 Massa tiap-tiap bahan prekursor untuk mendapatkan senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2$)

Target Senyawa	Massa Target (gram)	Massa pereaksi (gram)				
		Bi_2O_3	TiO_2	V_2O_3	NaCl	KCl
$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$	3	2,3864	0,6136	-	1,0458	1,3354
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}$	3	2,3862	0,6032	0,0096	1,0455	1,3350
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,9}\text{V}_{0,1}\text{O}_{12}$	3	2,3939	0,5949	0,0193	1,0490	1,3396
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{12}$	3	2,3855	0,5826	0,0288	1,0453	1,3349
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,8}\text{V}_{0,2}\text{O}_{12}$	3	2,3825	0,5723	0,0384	1,0452	1,33474

3.4.2 Sintesis Bismut Titanat dengan Metode Lelehan Garam

Pada tahap kedua prekursor dan garam yang sudah homogen yang sudah homogen kemudian dikalsinasi pada suhu 850°C selama 6 jam. Setelah pemanasan sampel digerus dan dicuci beberapa kali dengan akuades panas untuk menghilangkan garamnya. Untuk mengidentifikasi keberadaan garam NaCl dan KCl maka dilakukan pengujian dengan menggunakan larutan AgNO_3 . Kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 75°C sampai kering.

3.4.3b Karakterisasi Hasil dengan Teknik Difraksi Sinar-X

Identifikasi senyawa sampel hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan teknik difraksi sinar-X. Pengukuran dilakukan pada rentang $2\theta(^{\circ})= 10-90$. Difraktogram yang diperoleh dibandingkan dengan data standar $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ yang ada pada data (ICSD) No.159929. Difraktogram yang diperoleh juga akan *dirrefinement* dengan metode Le-Bail yang bertujuan untuk memperoleh data kristalograsinya (Lazarevi, dkk., 2007).

3.4.4 Karakterisasi hasil SEM-EDS

Sampel berupa serbuk dibuat pelet dan dilapisi dngan logam (emas atau emas) untuk memperbesar kontras antara preparat yang diamati dengan lingkungan sekitarnya. Sampel diletakkan pada holder dan dikarakterisasi pengukuran dilakukan pada perbesaran 3000-20.000 kali (Kan, dkk., 2003). Mikrograp yang diperoleh diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Image-J*.

3.4.5 Karakterisasi hasil Sintesis dengan *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS)

Karakterisasi dengan DRS dilakukan untuk mengetahui serapan sinar pada material hasil sintesis. Spektra DRS digunakan untuk menentukan energi celah pita material hasil sintesis. Pengukuran dilakukan pada rentang panjang gelombang 200- 800 nm.

3.4.6 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini yaitu:

- a. Hasil yang didapatkan dari karakterisasi XRD (difaktogram) dibandingkan dengan data standar (JCPDS) No. 00-035-0795 dari $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. Difraktogram akan *dirrefinement* menggunakan program Retica dan metode Le-Bail untuk mendapatkan data kristal dari sintesis yang dilakukan.
- b. Gambar yang diperoleh dari hasil karakterisasi SEM-EDS dianalisis menggunakan *software* image-J untuk mengetahui ukuran dan distribusi ukuran partikelnya.

- c. Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi dengan UV-Vis DRS akan dianalisa menggunakan persamaan Kubelka-Munk yang ditunjukkan pada persamaan 3.1.

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

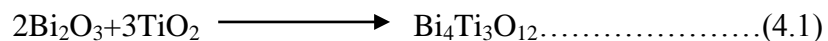
BAB IV

Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,10; 0,15;$ dan $0,20$) dengan menggunakan metode lelehan garam campuran NaCl-KCl padasuhu suhu 750° dan 850°C selama 6 jam. Sampel yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan (a) teknik difraksi sinar-x untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, (b) *Scanning Electron Microscopy* (SEM-EDS) untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, dan kandungan unsur senyawa serta (c) UV-Vis DRS untuk mengetahui energi celah pita pada senyawa tersebut.

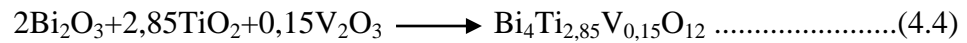
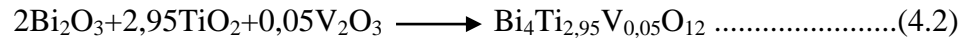
4.1 Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan metode lelehan garam

Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dilakukan dengan metode lelehan garam campuran NaCl/KCl. Perubahan warna sampel sebelum dan sesudah sintesis ditampilkan pada Gambar 4.1 dan dapat dilihat bahwa terjadi perubahan warna yang mengindikasikan terjadinya suatu reaksi kimia. Jika reaksinya berjalan sesuai dengan rencana maka mekanisme reaksinya ditampilkan pada persamaan 4.1.



Sampel produk $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(1-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,10; 0,15;$ dan $0,20$) yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 4.2 dan dapat dilihat bahwa sampel yang terdoping mengalami perubahan warna setelah penambahan logam vanadium. Senyawa BIT tanpa doping menghasilkan warna putih, sedangkan sampel dengan doping vanadium menghasilkan warna kuning tua dan kuning kemerahan seiring penambahan doping vanadium namun terdapat warna kuning pucat pada doping terakhir. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi perbedaan komposisi kimia pada

Sampel. Reaksi pendopingannya senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ditampilkan pada persamaan 4.2-4.5.



(a)



(b)

Gambar 4.1 Perubahan warna sintesis (a) sampel saat sebelum dipanaskan (b)Sampel sesudah pemanasan kedua (850°C)



Gambar 4.2. Sampel senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20$)

4.2 Karakterisasi Hasil Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan XRD

Difraktogram sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ditampilkan pada Lampiran dan dicocokkan dengan difraktogram standar $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ pada *Joint Committee on Powder Diffraction Standard* (JCPDS) No. 00-035-0795. Dari hasil perbandingan hasil bahwa sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,10; 0,15;$ dan $0,20$) mempunyai kesesuaian dengan standar yang ditunjukkan ditemukan puncak difraksi khas pada 2θ ($^\circ$) = 10,60; 16,20; 21,65; 23,14; 30,2; 32,80; 38,20; 47,18; 51,44; 57,08; 62,60; dan 64,21.

Senyawa pengotor ditemukan pada sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}$ dan $\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,80}\text{V}_{0,20}\text{O}_{12}$ dan diidentifikasi bahwa sampel pengotor berupa senyawa BiO_3 yang diidentifikasi dengan keberadaan puncak 27,80 dan 28,20. Diperolehnya senyawa pengotor pada sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,80}\text{V}_{0,20}\text{O}_{12}$ dikarenakan berhubungan dengan batas kemampuan atom doping mengganti atom Ti. Sedangkan untuk senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}$ masih ditemukan doping mengindikasikan bahwa reaksi masih

belum selesai.

4.3 Karakterisasi Hasil Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(1-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan SEM-EDS

Morfologi partikel $\text{Bi}_4\text{Ti}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ (x : 0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20) ditampilkan pada Lampiran dan diketahui bahwa morfologi partikel sintesis produk berbentuk *plate-like*. Bentuk *plate-like* ini merupakan bentuk khas dari partikel Aurivillius dan juga mempunyai kesesuaian dengan morfologi yang dilaporkan Zhao, dkk. (2014). Dari Lampiran juga dapat diketahui aglomerasi tidak ditemukan hal ini tentunya menguntungkan jika diaplikasikan sebagai material fotokatalis.

Ukuran partikel sampel diukur dengan menggunakan piranti lunak Image-J yang tahap-tahapnya ditampilkan pada Lampiran 6. Hasil dari pengolahan data tersebut dirangkum pada Tabel 4.2. dari rentang ukuran dapat diketahui bahwa

Tabel 4.1 Ukuran partikel hasil sintesis

Senyawa Sintesis	Partikel	P (μm)	L (μm)	Luas (μm^2)	Rentang (μm^2)
$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$	1	2,892	2,387	7,074	
	2	3,497	2,475	8,287	
	3	1,910	1,812	2,837	2,837-8,287
	4	3,314	2,287	7,552	
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}$	1	4,206	3,653	14,763	7,949-14,763
	2	3,008	2,567	7,949	
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,90}\text{V}_{0,10}\text{O}_{12}$	1	1,788	1,403	2,587	
	2	1,644	1,119	1,901	

	3	0,820	0,688	0,489	0,489-7,008
	4	2,670	1,945	5,185	
	5	2,910	2,559	7,008	
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{12}$	1	1,983	1,189	2,417	
	2	3,881	3,158	12,108	2,417-12,108
	3	2,306	1,752	3,900	
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{2,8}\text{V}_{0,2}\text{O}_{12}$	1	4,438	2,73	11,297	
	2	3,119	2,690	8,885	
	3	4,055	3,084	12,493	8,885-17,112
	4	3,449	3,668	12,421	
	5	4,242	3,439	17,112	

Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ mempunyai ukuran yang beragam dengan dopan vanadium sebesar 0 yaitu dengan rentang luas permukaan 2,887 sampai 8,287. Untuk dopan vanadium 0,05 mempunyai rentang luas sebesar 7,949 sampai 14,763, sedangkan dengan dopan vanadium 0,10 vanadium mempunyai rentang luas sebesar 0,489 sampai 7,008. Dopan vanadium sebesar 0,15 yaitu dengan rentang luas permukaan 2,417 sampai 12,108, sedangkan dengan dopan vanadium 0,20 vanadium mempunyai rentang luas sebesar 8,885 sampai 17,112. Dapat disimpulkan bahwa dopan vanadium 0,10 lebih kecil yaitu dari 8,287 ke 7,008. Namun, dengan penambahan dopan vanadium 0,05; 0,15; dan 0,20 membuat ukuran kristal semakin besar. Ukuran kristal dopan vanadium (V) 0,20 lebih besar daripada dopan vanadium (V) 0,15 dan 0,05 yaitu sebesar 17,112 berbanding 12,108 dan 14,763.

4.4 Karakterisasi Hasil Sintesis $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan UV-Vis DRS

Spektra UV-Vis DRS sampel $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ (x : 0; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20) ditampilkan pada Lampiran, dan plot persamaan Kubelka-Munk ditampilkan pada Lampiran dan hasil perhitungan energi celah pita di rangkum pada Tabel 4.2. Nilai energi celah pita senyawa BIT tanpa didoping vanadium sebesar 2,51 eV yang dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang 427 nm. Senyawa BIT terdoping logam vanadium menghasilkan energi celah pita yang lebih kecil dari senyawa BIT murni yaitu 2,6 (477 nm); 2,05 (605 nm); 1,71 (725 nm); dan 2,32 eV (534 nm)

Tabel 4.2 Nilai energi celah pita dan serapan sinar panjang gelombang material fotokatalis

Senyawa	Energi celah pita (eV)	Panjang gelombang (nm)
$\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$	2,57	494
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=0,05$)	1,66	477
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=0,1$)	1,57	605
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=0,15$)	1,48	725
$\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=0,2$)	1,22	534

Bahan semikonduktor adalah bahan dengan energi gap sekitar 1-2 eV. Bahan ini pada suhu 0 K bersifat isolator, jika suhu dinaikan maka terjadi generasi elektron-hole termal sehingga berubah menjadi bahan konduktor (Ariswan,2013).

Penurunan energi celah pita disebabkan karena adanya pembentukan pita baru yang terbentuk dibawah pita konduksi dan berasal dari komponen elektronik $V 3d$, sehingga transisi elektron yang terjadi dari orbital $\text{Bi } 6s+O 2p$ ke $V 3d$.

Pembentukan pita baru menghasilkan laju rekombasi yang lemah sehingga dapat meningkatkan efisiensi degradasi fotokatalis (Gu, dkk., 2017). Selain itu energi celah pita turun dengan bertambahnya konsentrasi dopan dikarenakan adanya oksigen vakansi yang terbentuk di bawah pita konduksi sehingga mudah mengikat elektron yang mengalami eksitasi (Zhang, dkk., 2011). Takle, dkk., (2018) juga melaporkan efek doping vanadium pada TiO_2 yang mempengaruhi nilai energi celah pita senyawa semikonduktor, seiring bertambahnya konsentrasi doping dapat menggeser pita serapan ke arah sinar tampak sehingga energi celah pita yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan senyawa tanpa doping.

4.5 Sintesis dan Karakterisasi $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Terdoping V dalam Perspektif Islam

Allah Swt menciptakan segala sesuatu yang ada di bumi dan langit tidak ada yang sia-sia, melainkan banyak manfaat yang didapatkan oleh manusia. Allah memberikan akal pikiran kepada manusia untuk senantiasa merenung dan berfikir dengan menggunakan akal atas semua yang telah terjadi dan Allah SWT menciptakan semua hal itu berada disekeliling kita. Selain itu dengan akal pikiran kita dituntut untuk lebih peka dengan lingkungan dan kejadian yang ada di sekeliling kita. Seperti firman Allah dalam QS. Ali Imran Ayat 190-191:

لَأُولَىٰ لَأَيَّتِ وَالنَّهَارِ أَلِيلِ وَأَخْتَلَفِ وَالْأَرْضِ السَّمَوَاتِ خَلَقِ فِي إِبَّ

فِي وَيَتَفَكَّرُونَ جُنُوبِهِمْ وَعَلَىٰ وَقُعُودًا قِيمًا اللَّهُ يَذْكُرُونَ الَّذِينَ ۞ الْأَلْبَابِ

النَّارِ عَذَابٍ فَفَقِنَا سُبْحَانَكَ بِطِلَافٍ هَذَا خَلَقْتَ مَا رَبَّنَا وَالْأَرْضِ السَّمَوَاتِ خَلَقِ



Artinya:

190. Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal,

191. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka.

Dalam tafsir Al-Misbah dijelaskan bahwa orang yang berakal adalah orang yang melakukan dua hal, yaitu *tadzkhur* yaitu mengingat Allah SWT dengan ucapan atau hati dalam segala situasi dan kondisi (bekerja, atau beristirahat, berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring, sedangkan *tafakur* memikirkan ciptaan Allah SWT, yaitu kejadian di alam semesta. Dengan melakukan dua hal tersebut sampailah pada hikmah yang berada di balik proses mengingat dan berfikir, yakni mengetahui, memahami, serta menghayati bahwa dibalik fenomena alam dan segala sesuatu yang ada di dalamnya menunjukkan adanya sang pencipta, Allah SWT (Sihab, 2002).

Berdasarkan ayat diatas kita sebagai seorang muslim yang berakal hendaknya kita untuk *bertafakur*, salah satunya mengatasi permasalahan-permasalahan lingkungan yang ada disekitar kita, seperti halnya penanggulangan pencemaran limbah cair yang saat ini banyak dikembangkan yaitu metode fotokatalis. Allah menciptakan segala sesuatu tanpa ada sia-sia. Penelitian $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ teroping V merupakan salah satu bentuk *bertafakur* dengan mengembangkan material $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ teroping V yang dapat bekerja dibawah sinar matahari dan efektif sebagai pendegradasi limbah cair.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,05; 0,1; 0,15; \text{ dan } 0,2$) telah berhasil disintesis dengan menggunakan metode lelehan garam NaCl dan KCl. Difraktogram sampel menunjukkan bahwa BIT telah terdoping vanadium akan tetapi masih ditemukan senyawa pengotor berupa BiO_3 .
- b. Hasil morfologi SEM-EDS menunjukkan bahwa partikel berbentuk *plate-like* dan terbentuk aglomerasi, sedangkan data analisis EDS menunjukkan bahwa seluruh sampel mengandung logam vanadium.
- c. Hasil analisis UV-Vis DRS menghasilkan energi celah pita senyawa BITterdoping vanadium lebih kecil dibandingkan dengan senyawa BIT tanpa doping.

5.2 Saran

- a. Menambahkan uji aktivitas fotokatalitis untuk mengetahui pengaruh dopan terhadap aktivitas fotokatalitik,
- b. Menambahkan uji *photoluminescence* untuk mengetahui pengaruh dopan V terhadap laju rekombinan
- c. Menambahkan karakterisasi menggunakan instrumen XPS agar dapat mengetahui perubahan valensi pada senyawa setelah didoping dengan logam vanadium.

DAFTAR PUSTAKA

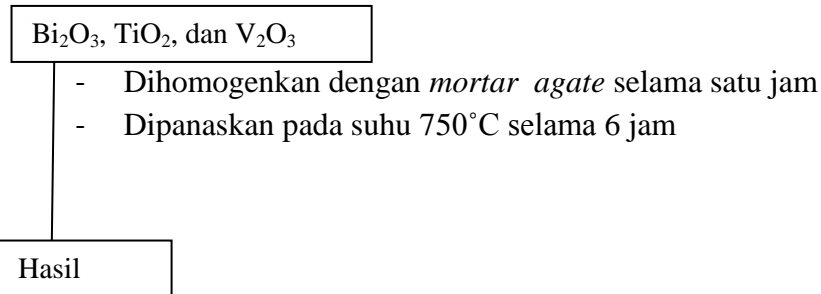
- Agustina, K., R. 2019. Sintesis Garam Cair Vanadium Doping $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ menggunakan Garam Tunggal NaCl, *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Agusta, D. 2012. Uji Adsorpsi Gas CO Pada Asap Kebakaran dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa yang Terimpregnasi TiO_2 , *Skripsi*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Akdogan, Allahverdi., Mehdi., dan Safari, A. 2006. Effects of Molten Salt Synthesis (MSS) Parameters on The Morphology of $\text{Sr}_3\text{Ti}_2\text{O}_7$ and SrTiO_3 Seed Crystals. *J Electroceramics*, 16: 159–165.
- Alinsafi, F., Evenou, E. M., Abdulkarim, M. N. P., Zahraa, A., Benhammou, A., dan Yaacoubi, A. 2006. Effect of Variability on The Treatment of Textile Dyeing Wastewater by Activated Sludge. *Dyes and Pigments*, 62 :31-39.
- Balittro, R. 2012. Karakter Morfologis dan Fisiologis Tanaman Nila di Bawah Naungan dan tanpa Naungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*, 18(1):15-20.
- Borg, S., Svensson. G., dan Bovin., J., O. 2002. Structure Study of $\text{Bi}_{2,5}\text{Na}_{0,5}\text{Ta}_2\text{O}_9$ and $\text{Bi}_{2,5}\text{Na}_{m-1,5}\text{Nb}_m\text{O}_{3m+3}$ ($m=2-4$) by Neutron Powder Diffraction and Electron Microscopy. *Journal of Solid State Chemistry*, 167(1): 86 -96.
- Dong, P., Yin, Y., Xu, N., Guan, R., Hou, G., dan Wang, Y. 2014. Facile Synthesis of Tetrahedral Ag_3PO_4 Mesocrystal and Its Enhanced Photocatalytic Activity. *Materials Research Bulletin*, 60: 682-689.
- Dony, N., Azis, H., dan Syukri. 2013. Studi Fotodegradasi Metilen Biru di Bawah Sinar Matahari oleh ZnO-SnO_2 yang dibuat dengan Metode Solid State Reaction. *Media Sains*, 5(1): 66-74.
- Ge, L., Changcun, H., dan Linen, W. 2014. AuPd Bimetallic Nanoparticles Decorated Graphitic Carbon Nitride for Highly Efficient Reduction of Water to H_2 Under Visible Light Irradiation. *Carbon*, 92: 31-40.
- Handayani, R. 2018. Sintesis dan Identifikasi Perubahan Struktur Lokal $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ Terdoping V^{5+} dengan Spektroskopi Raman, *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Jahidul, Umam. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Aurivillius $\text{CaBi}_2\text{Nb}_2\text{O}_9$ dan $\text{LaBi}_2\text{TiNbO}_9$ dengan Metode Solid State. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1): 8.

- Kasap, S., dan Capper, P. 2006. Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Springer Handbooks. *Springer*. Boston. MA.
- Katsumata, H., Taniguchi, M., Kaneco, S., dan Suzuki, T. 2013. Photocatalytic Degradation of Bisphenol A by Ag_3PO_4 Under Visible Light. *Catalysis Communications*, 34: 30-34.
- Kimura, T. 2011. Molten Salt Synthesis of Ceramic Powders. In Advances in Ceramics-Synthesis and Characterization. *Processing and Specific Applications*, 75–100.
- Lu., Zhiju., Zhao., Liqin., Yang . 2018. A Simple Method for Synthesis of Highly Efficient Flower-Like SnO_2 Photocatalyst Nanocomposites. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30:50–55.
- Nakada., Okagawa., Suzuki,H. 2013. Aurivillius Type Oxychlorides to Enhance Their Photocatalytic Activity for Visible - Light- Induced Water Splitting. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(1): 5642–5650.
- Rizal, M., dan Ismunandar. 2007. Sintesis dengan Hidrotermal dan Karakterisasi Senyawa Berstruktur Aurivillius $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. Bandung: ITB.
- Setasuwon, P., and Kijam najsak, S. (2008). Effects of Starting Materials on Molten Salt Synthesis of $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. *Advanced Materials Research*, 57: 165–168.
- Slamet, S., Riyadi., dan Danumulyo, W. 2003. Pengolahan Limbah Logam Berat Chromium (VI) Dengan Fotokatalis TiO_2 . *Makara Teknologi*, 7: 1.
- Subbarao, E. C.1962. Crystal chemistry of Mixed Bismuth Oxides with Layer-Type Structure. *J. Am. Ceram. Soc*, 4(45): 166-169.
- Sulaeman, U., Riapanitra,A., Iswanto,P., Yin,S., dan Sato,T. 2014. Hydrothermal Synthesis and Photocatalytic Properties of $\text{BiPO}_4/\text{Ag}_3\text{PO}_4$ Heterostructure for Phenol Decomposition. *Advanced Materials Research*, 896: 141-144.
- Yao, W. F., Wang, H., Xu, X. H., Shang, S. X., Hou, Y., Zhang, Y., dan Wang, M. 2003. Synthesis and Photocatalytic Property of Bismuth Titanate $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$. *Materials Letters*, 57(13–14):1899–1902.

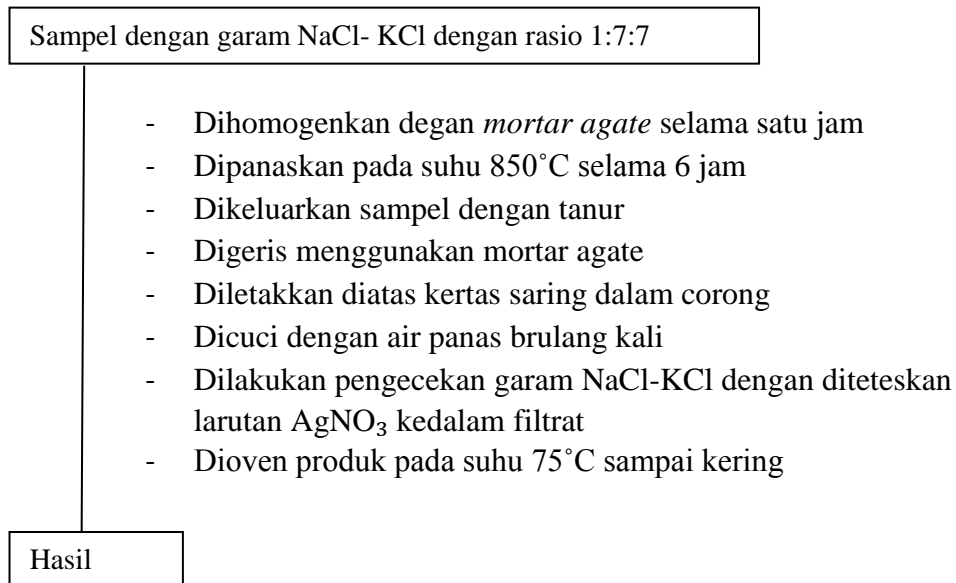
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir

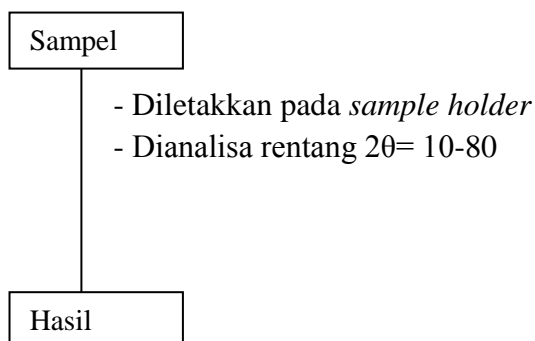
1. Preparasi Bahan dan Pemanasan awal



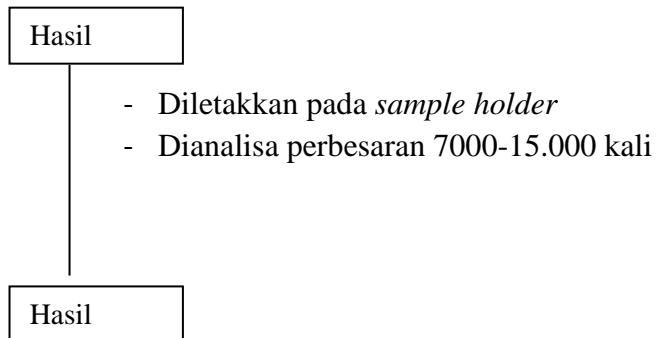
2. Sintesis dengan metode lelehan garam



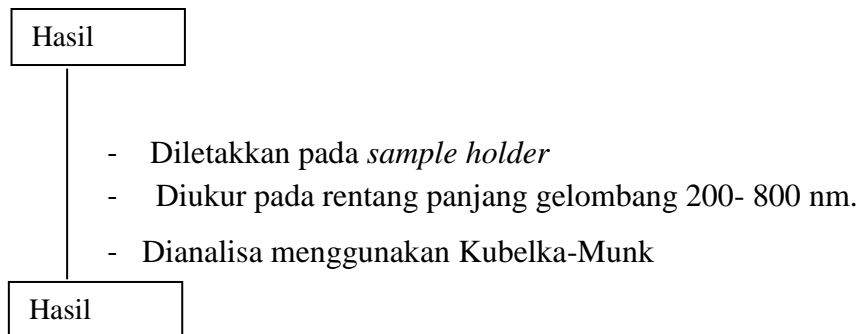
3. Analisis Menggunakan Instrumen XRD



4. Analisis menggunakan instrumen SEM



5. Analisis Menggunakan UV-DRS



Lampiran 2 Perhitungan

Perhitungan $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ dengan variasi doping Vanadium ($x = 0; 0,05; 0,1; 0,15; \text{ dan } 0,2$)

Diketahui :

Target massa produk 4 gram

Perbandingan mol prekursor $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12} : \text{NaCl} : \text{KCl}$ adalah 1 : 7 : 7

Variasi doping Vanadium : 0; 0,05; 0,1; 0,15 dan 0,2

$$\text{Mr Bi}_2\text{O}_3 = 465,96 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Mr TiO}_2 = 79,867 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Mr V}_2\text{O}_3 = 150 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Mr NaCl} = 58,34 \text{ gr/mol}$$

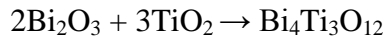
$$\text{Mr KCl} = 74,50 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Ar Bi} = 208,98 \text{ gr/mol}$$

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

$$\text{Ar V} = 50,9415 \text{ gr/mol}$$

1. Konsentrasi Vanadium (V) $x = 0$



Diketahui

$$\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12} = 1171,52 \text{ g/mol}$$

$$\text{Masaa target} = 3 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Bi}_2\text{O} &= \frac{\text{Ar Bi} \times 4}{\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}_2} \times \text{Massa} \\ &= \frac{208,98 \times 4 \text{ g/mol}}{1171,521 \text{ g/mol}} \times \frac{465,969 \text{ g/mol}}{2 \times 208,98 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\ &= 2,3864 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TiO}_2 &= \frac{\text{Ar Ti} \times 3}{\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa} \\ &= \frac{47,867 \times 3 \text{ g/mol}}{1171,521 \text{ g/mol}} \times \frac{79,867 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\ &= 0,6136 \text{ gr} \end{aligned}$$

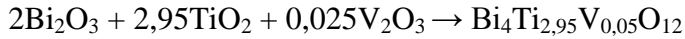
$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12} \\ &= 7 \times 0,0026 \text{ mol} \\ &= 0,1793 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol} \\ &= 1,0458 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\text{Mol KCl} = 7 \times \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$$

$$\begin{aligned}
&= 7 \times 0,0026 \text{ mol} \\
&= 0,1793 \text{ mol} \\
\text{Massa KCl} &= \text{Mr} \times \text{mol KCl} \\
&= 74,5 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol} \\
&= 1,3354 \text{ gr}
\end{aligned}$$

2. Konsentrasi Vanadium (V) $x = 0,05$



$$\begin{aligned}
\text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12} &= \frac{\text{Massa Target}}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}} \\
&= \frac{3 \text{ gr}}{1171,675 \text{ g/mol}} \\
&= 0,0026 \text{ mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa Bi}_2\text{O} &= \frac{\text{Ar Bi} \times 4}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}_2} \times \text{Massa} \\
&= \frac{208,98 \times 4 \text{ g/mol}}{1171,675 \text{ g/mol}} \times \frac{465,969 \text{ g/mol}}{2 \times 208,98 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\
&= 2,3862 \text{ gr}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa TiO}_2 &= \frac{\text{Ar Ti} \times 2,95}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa} \\
&= \frac{47,867 \times 2,95 \text{ g/mol}}{1171,675 \text{ g/mol}} \times \frac{79,867 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\
&= 0,6032 \text{ gr}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa V}_2\text{O}_3 &= \frac{\text{Ar V} \times 0,05}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr V}_2\text{O}_3}{\text{Ar V}} \times \text{Massa} \\
&= \frac{50,9415 \times 0,05 \text{ g/mol}}{1171,675 \text{ g/mol}} \times \frac{150 \text{ g/mol}}{101,829 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\
&= 0,0096 \text{ gr}
\end{aligned}$$

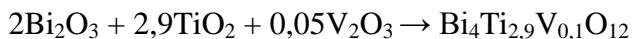
$$\begin{aligned}
\text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12} \\
&= 7 \times 0,0026 \text{ mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,1793 \text{ mol} \\
\text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\
&= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol} \\
&= 1,0454 \text{ gr}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Mol KCl} &= 7 \times \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12} \\
&= 7 \times 0,0026 \text{ mol} \\
&= 0,1793 \text{ mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Massa KCl} &= \text{Mr} \times \text{mol KCl} \\
&= 74,5 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol} \\
&= 1,3350 \text{ gr}
\end{aligned}$$

3. Konsentrasi Vanadium (V) $x = 0,1$



$$\begin{aligned}
\text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,9}\text{V}_{0,1}\text{O}_{12} &= \frac{\text{Massa Target}}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,9}\text{V}_{0,1}\text{O}_{12}} \\
&= \frac{3 \text{ gr}}{1167,9084 \text{ g/mol}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,0026 \text{ mol} \\
\text{Massa Bi}_2\text{O} &= \frac{\text{Ar Bi} \times 4}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,90}\text{V}_{0,100}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}_2} \times \text{Massa} \\
&= \frac{208,98 \times 4 \text{ g/mol}}{1167,9084 \text{ g/mol}} \times \frac{465,969 \text{ g/mol}}{2 \times 208,98 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\
&= 2,3939 \text{ gr} \\
\text{Massa TiO}_2 &= \frac{\text{Ar Ti} \times 2,90}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa} \\
&= \frac{47,867 \times 2,90 \text{ g/mol}}{1167,9084 \text{ g/mol}} \times \frac{79,867 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\
&= 0,5949 \text{ gr} \\
\text{Massa V}_2\text{O}_3 &= \frac{\text{Ar V} \times 0,10}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,95}\text{V}_{0,05}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr V}_2\text{O}_3}{\text{Ar V}} \times \text{Massa} \\
&= \frac{50,9415 \times 0,10 \text{ g/mol}}{1167,9084 \text{ g/mol}} \times \frac{150 \text{ g/mol}}{101,829 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\
&= 0,0192 \text{ gr}
\end{aligned}$$

$$\text{Mol NaCl} = 7 \times \text{mol Bi}_4\text{Ti}_{2,9}\text{V}_{0,1}\text{O}_{12}$$

$$= 7 \times 0,0026 \text{ mol}$$

$$= 0,1798 \text{ mol}$$

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

$$= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol}$$

$$= 1,0900 \text{ gr}$$

$$\text{Mol KCl} = 7 \times \text{mol Bi}_4\text{Ti}_{2,9}\text{V}_{0,1}\text{O}_{12}$$

$$= 7 \times 0,0026 \text{ mol}$$

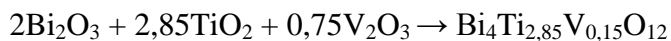
$$= 0,1798 \text{ mol}$$

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

$$= 74,5 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol}$$

$$= 1,3396 \text{ gr}$$

4. Konsentrasi Vanadium (V) $x = 0,15$



$$\text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,90}\text{V}_{0,10}\text{O}_{12} = \frac{\text{Massa Target}}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{12}}$$

$$= \frac{3 \text{ gr}}{1171,9822 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,0026 \text{ mol}$$

$$\text{Massa Bi}_2\text{O} = \frac{\text{Ar Bi} \times 4}{\text{MrBi}_4\text{Ti}_{2,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}_2} \times \text{Massa}$$

$$= \frac{208,98 \times 4 \text{ g/mol}}{1171,9822 \text{ g/mol}} \times \frac{465,969 \text{ g/mol}}{2 \times 208,98 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram}$$

$$= 2,3939 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TiO}_2 &= \frac{\text{Ar Ti} \times 2,85}{\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_{2,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa} \\ &= \frac{47,867 \times 2,85 \text{ g/mol}}{1171,9822 \text{ g/mol}} \times \frac{79,867 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\ &= 0,5826 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa V}_2\text{O}_3 &= \frac{\text{Ar V} \times 0,15}{\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_{2,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr V}_2\text{O}_3}{\text{Ar V}} \times \text{Massa} \\ &= \frac{50,9415 \times 0,15 \text{ g/mol}}{1171,9822 \text{ g/mol}} \times \frac{150 \text{ g/mol}}{101,829 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \\ &= 0,0288 \text{ gr} \end{aligned}$$

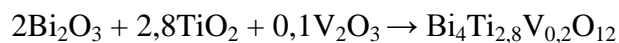
$$\begin{aligned} \text{Mol NaCl} &= 7 \times \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{12} \\ &= 7 \times 0,0026 \text{ mol} \\ &= 0,1792 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaCl} &= \text{Mr} \times \text{mol NaCl} \\ &= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol} \\ &= 1,0454 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol KCl} &= 7 \times \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,85}\text{V}_{0,15}\text{O}_{12} \\ &= 7 \times 0,0026 \text{ mol} \\ &= 0,1792 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa KCl} &= \text{Mr} \times \text{mol KCl} \\ &= 74,5 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol} \\ &= 1,3349 \text{ gr} \end{aligned}$$

5. Konsentrasi Vanadium (V) $x = 0,2$



$$\begin{aligned} \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,90}\text{V}_{0,10}\text{O}_{12} &= \frac{\text{Massa Target}}{\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_{2,80}\text{V}_{0,20}\text{O}_{12}} \\ &= \frac{3 \text{ gr}}{1172,1359 \text{ g/mol}} \\ &= 0,0026 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Bi}_2\text{O} &= \frac{\text{Ar Bi} \times 4}{\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_{2,80}\text{V}_{0,20}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr Bi}_2\text{O}_3}{\text{Ar Bi}_2} \times \text{Massa} \\ &= \frac{208,98 \times 4 \text{ g/mol}}{1172,1359 \text{ g/mol}} \times \frac{465,969 \text{ g/mol}}{2 \times 208,98 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$= 2,3825 \text{ gr}$$

$$\text{Massa TiO}_2 = \frac{\text{Ar Ti} \times 2,80}{\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_{2,80}\text{V}_{0,20}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr TiO}_2}{\text{Ar Ti}} \times \text{Massa}$$

$$= \frac{47,867 \times 2,85 \text{ g/mol}}{1172,1359 \text{ g/mol}} \times \frac{79,867 \text{ g/mol}}{47,867 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram}$$

$$= 0,5724 \text{ gr}$$

$$\text{Massa V}_2\text{O}_3 = \frac{\text{Ar V} \times 0,20}{\text{Mr Bi}_4\text{Ti}_{2,80}\text{V}_{0,20}\text{O}_{12}} \times \frac{\text{Mr V}_2\text{O}_3}{\text{Ar V}} \times \text{Massa}$$

$$= \frac{50,9415 \times 0,15 \text{ g/mol}}{1172,1359 \text{ g/mol}} \times \frac{150 \text{ g/mol}}{101,829 \text{ g/mol}} \times 3 \text{ gram}$$

$$= 0,0384 \text{ gr}$$

$$\text{Mol NaCl} = 7 \times \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,80}\text{V}_{0,20}\text{O}_{12}$$

$$= 7 \times 0,0026 \text{ mol}$$

$$= 0,1792 \text{ mol}$$

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

$$= 58,34 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol}$$

$$= 1,0452 \text{ gr}$$

$$\text{Mol KCl} = 7 \times \text{Mol Bi}_4\text{Ti}_{2,80}\text{V}_{0,20}\text{O}_{12}$$

$$= 7 \times 0,0026 \text{ mol}$$

$$= 0,1792 \text{ mol}$$

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

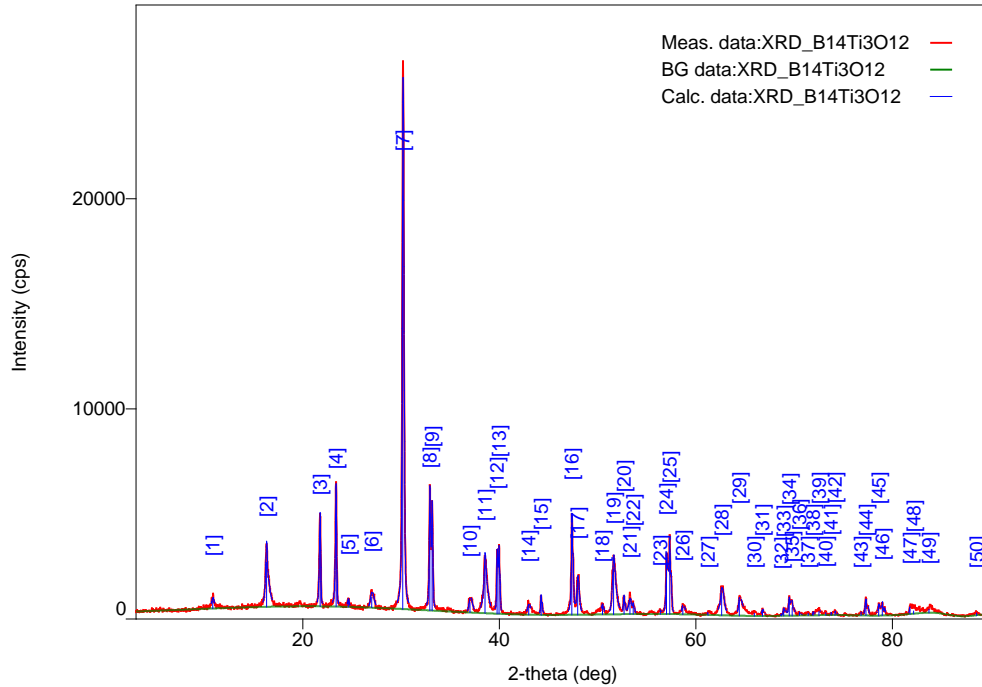
$$= 74,5 \text{ g/mol} \times 0,0179 \text{ mol}$$

$$= 1,3347 \text{ gr}$$

Lampiran 3. Hasil karakterisasi menggunakan XRD

L.3.1 Data Difraksi Sinar-X senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0; 0,05; 0,10; 0,15;$ dan $0,20$)

L.3.1.1 Data Difraksi Sinar-X senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0$)



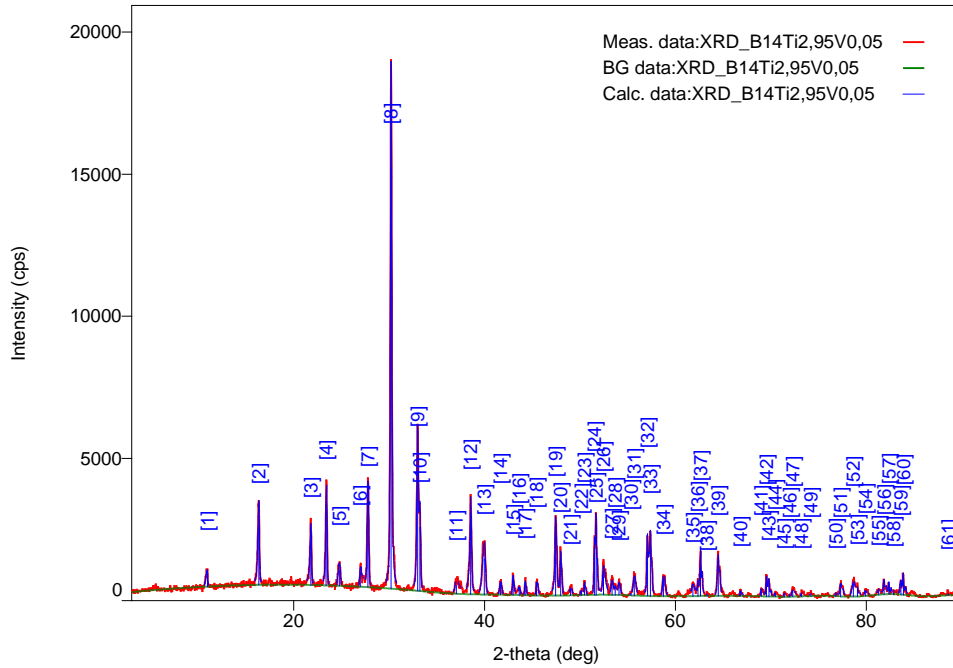
Gambar L.3.1.1 Difaktogram XRD $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0$)

Tabel L.3.1.1 Daftar Puncak Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0$)

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	10.84(3)	8.16(2)	353(54)	0.34(5)	226(12)	0.64(13)	1.1(5)
2	16.307(7)	5.431(2)	2132(133)	0.254(10)	969(15)	0.45(4)	1.02(13)
3	21.754(6)	4.0822(12)	3159(162)	0.158(5)	640(11)	0.202(14)	2.0(4)
4	23.366(6)	3.8040(10)	4412(192)	0.132(5)	813(12)	0.184(11)	1.4(3)
5	24.62(4)	3.613(5)	305(50)	0.14(8)	75(9)	0.25(7)	2(2)
6	27.001(8)	3.2996(9)	510(65)	0.42(2)	235(14)	0.46(9)	0.71(17)
7	30.160(4)	2.9608(3)	19682(405)	0.173(3)	4511(31)	0.229(6)	0.70(6)
8	32.923(3)	2.7183(3)	4628(196)	0.121(6)	785(26)	0.170(13)	1.8(2)
9	33.153(3)	2.7000(3)	4076(184)	0.119(8)	684(26)	0.168(14)	1.8(2)
10	37.01(2)	2.4267(16)	482(63)	0.389(19)	204(12)	0.42(8)	0.70(18)
11	38.521(7)	2.3352(4)	2240(137)	0.238(17)	1073(15)	0.48(4)	0.87(13)
12	39.766(3)	2.26488(16)	2668(149)	0.109(5)	375(11)	0.141(12)	1.13(12)
13	39.959(3)	2.25442(15)	2696(150)	0.106(5)	368(11)	0.136(12)	1.13(12)
14	42.986(10)	2.1024(5)	369(55)	0.37(3)	233(9)	0.63(12)	0.9(4)
15	44.234(9)	2.0460(4)	876(85)	0.103(9)	133(5)	0.15(2)	1.1(5)

16	47.378(4)	1.91726(17)	4276(189)	0.124(6)	804(15)	0.188(12)	1.1(2)
17	47.977(9)	1.8947(3)	1460(110)	0.221(16)	492(14)	0.34(4)	1.1(2)
18	50.50(2)	1.8059(8)	363(55)	0.24(5)	177(9)	0.49(10)	4(3)
19	51.630(7)	1.7689(2)	2138(133)	0.293(9)	1004(13)	0.47(4)	1.40(9)
20	52.681(8)	1.7361(3)	752(79)	0.129(10)	113(6)	0.15(2)	1.8(5)
21	53.290(19)	1.7176(6)	531(67)	0.31(3)	194(10)	0.36(6)	1.8(5)
22	53.619(8)	1.7079(2)	409(58)	0.119(17)	57(7)	0.14(4)	1.8(5)
23	56.35(5)	1.6313(13)	130(33)	0.16(5)	22(7)	0.17(10)	4(7)
24	57.014(3)	1.61399(9)	2571(146)	0.160(6)	550(12)	0.214(17)	0.72(7)
25	57.314(3)	1.60623(7)	3084(160)	0.136(4)	558(12)	0.181(13)	0.72(7)
26	58.642(11)	1.5730(3)	370(56)	0.26(5)	172(8)	0.46(9)	0.6(3)
27	61.23(2)	1.5126(5)	109(30)	0.22(7)	28(7)	0.25(13)	0.5(7)
28	62.608(6)	1.48253(13)	1088(95)	0.33(2)	572(11)	0.53(6)	0.78(18)
29	64.417(14)	1.4452(3)	747(79)	0.31(3)	448(9)	0.60(8)	0.55(13)
30	65.93(2)	1.4157(5)	143(34)	0.22(4)	59(5)	0.42(14)	1.0(3)
31	66.778(18)	1.3997(3)	281(48)	0.17(2)	60(5)	0.21(5)	1.1(6)
32	68.689(14)	1.3654(2)	78(25)	0.06(4)	8(4)	0.10(9)	1.3(3)
33	68.938(10)	1.36104(17)	344(54)	0.15(2)	81(7)	0.24(6)	1.3(3)
34	69.501(8)	1.35138(14)	809(82)	0.183(14)	236(15)	0.29(5)	1.3(3)
35	69.795(8)	1.34642(13)	390(57)	0.11(2)	67(14)	0.17(6)	1.3(3)
36	70.528(11)	1.33420(19)	139(34)	0.14(2)	20(3)	0.15(6)	2.8(9)
37	71.40(2)	1.3200(4)	105(30)	0.28(5)	32(4)	0.31(12)	2.8(9)
38	71.929(9)	1.31163(15)	137(34)	0.11(3)	18(4)	0.13(6)	0.5(6)
39	72.52(3)	1.3024(5)	201(41)	0.46(4)	99(6)	0.49(13)	2.8(9)
40	73.20(2)	1.2920(3)	122(32)	0.27(5)	36(4)	0.29(11)	2.8(9)
41	73.753(12)	1.28363(18)	119(31)	0.12(2)	16(3)	0.13(6)	2.8(9)
42	74.139(15)	1.2779(2)	181(39)	0.21(3)	41(4)	0.22(7)	2.8(9)
43	76.79(2)	1.2402(3)	134(33)	0.22(5)	37(5)	0.28(11)	2.6(9)
44	77.306(9)	1.23326(12)	751(79)	0.169(12)	163(9)	0.22(3)	2.6(9)
45	78.603(13)	1.21613(16)	482(63)	0.23(3)	217(17)	0.45(9)	0.64(18)
46	78.968(4)	1.21141(5)	505(65)	0.059(18)	59(12)	0.12(4)	0.64(18)
47	81.784(13)	1.17668(15)	255(46)	0.22(3)	60(14)	0.24(10)	0.50(18)
48	82.13(6)	1.1726(8)	147(35)	1.20(14)	190(18)	1.3(4)	0.50(18)
49	83.72(3)	1.1543(3)	172(38)	0.73(7)	136(13)	0.8(2)	0.50(18)
50	88.549(19)	1.10342(19)	119(31)	0.43(6)	90(7)	0.8(3)	4(4)
51	89.489(15)	1.09426(15)	91(27)	0.21(6)	27(5)	0.30(14)	4(7)

L.3.1.2 Data Difraksi Sinar-X senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,05$)



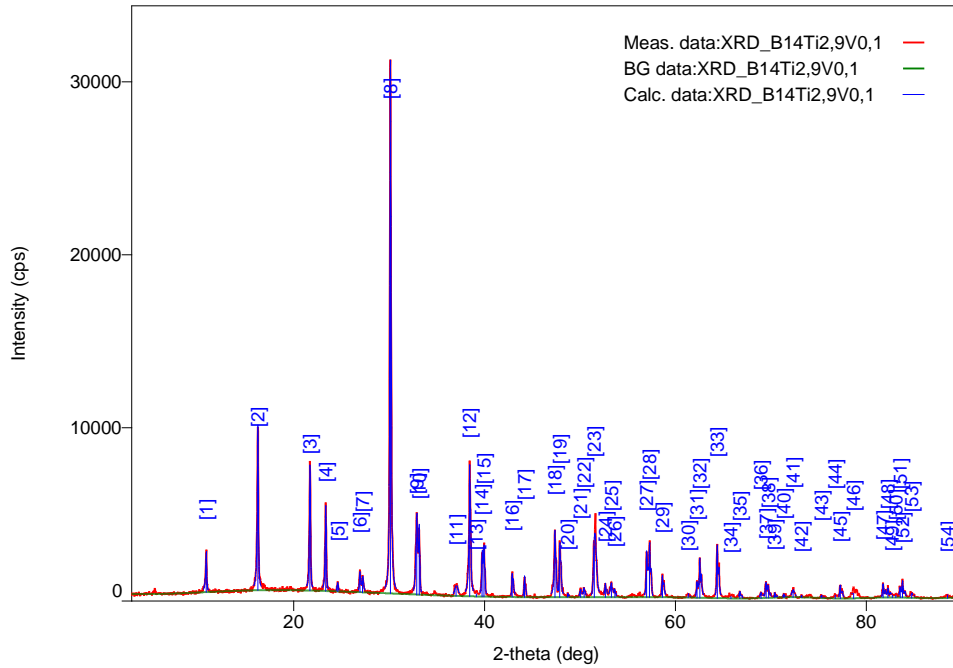
Gambar L.3.1.2 Difaktogram XRD $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,05$)

Tabel L.3.1.2 Daftar Puncak Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,05$)

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	10.941(6)	8.080(4)	404(58)	0.220(18)	99(9)	0.24(6)	5(3)
2	16.341(8)	5.420(3)	2022(130)	0.194(7)	528(11)	0.26(2)	2.5(5)
3	21.786(11)	4.076(2)	1529(113)	0.177(11)	388(10)	0.25(3)	1.8(5)
4	23.394(3)	3.7995(5)	2865(155)	0.123(4)	525(10)	0.183(13)	0.60(4)
5	24.779(19)	3.590(3)	560(68)	0.279(15)	168(11)	0.30(6)	1.7(4)
6	26.97(2)	3.303(3)	507(65)	0.22(3)	200(14)	0.39(8)	0.6(3)
7	27.756(8)	3.2115(10)	2707(150)	0.177(6)	553(14)	0.204(17)	1.02(18)
8	30.183(5)	2.9586(5)	14819(351)	0.138(6)	2849(36)	0.192(7)	1.4(3)
9	32.965(6)	2.7150(5)	4233(188)	0.184(8)	990(36)	0.234(19)	1.4(2)
10	33.202(4)	2.6961(3)	2254(137)	0.136(14)	390(35)	0.17(3)	1.4(2)
11	37.024(12)	2.4261(7)	303(50)	0.55(3)	181(11)	0.60(14)	0.50(8)
12	38.520(5)	2.3352(3)	2842(154)	0.145(10)	693(11)	0.244(17)	1.1(2)
13	39.953(14)	2.2548(8)	1272(103)	0.364(10)	502(13)	0.40(4)	2.2(4)
14	41.65(3)	2.1665(14)	351(54)	0.219(19)	82(6)	0.23(5)	1.1(6)
15	42.979(13)	2.1027(6)	566(69)	0.145(14)	98(5)	0.17(3)	1.7(6)
16	43.594(13)	2.0745(6)	244(45)	0.18(3)	73(5)	0.30(8)	1.2(3)
17	44.258(13)	2.0449(6)	449(61)	0.132(14)	70(5)	0.16(3)	1.5(6)
18	45.435(7)	1.9946(3)	435(60)	0.17(2)	90(6)	0.21(4)	0.6(3)
19	47.428(5)	1.91534(19)	2388(141)	0.157(8)	531(10)	0.222(17)	1.00(14)
20	47.947(5)	1.89583(18)	1377(107)	0.143(9)	279(8)	0.20(2)	1.00(14)

21	48.992(14)	1.8578(5)	224(43)	0.21(3)	71(6)	0.32(9)	0.7(4)
22	50.16(2)	1.8172(7)	151(36)	0.20(5)	33(4)	0.22(8)	1.1(4)
23	50.463(10)	1.8070(3)	421(59)	0.122(10)	56(6)	0.13(3)	1.1(4)
24	51.513(4)	1.77265(13)	1861(125)	0.140(10)	341(22)	0.18(2)	0.93(17)
25	51.671(3)	1.76760(11)	1691(119)	0.112(8)	248(20)	0.15(2)	0.93(17)
26	52.458(16)	1.7429(5)	828(83)	0.23(2)	300(13)	0.36(5)	1.3(4)
27	53.33(2)	1.7165(7)	420(59)	0.20(4)	89(10)	0.21(5)	1.1(5)
28	53.67(2)	1.7063(6)	279(48)	0.15(4)	46(7)	0.16(5)	1.1(5)
29	54.06(3)	1.6950(8)	367(55)	0.22(4)	85(10)	0.23(6)	1.1(5)
30	55.34(6)	1.6587(15)	85(27)	0.17(12)	17(14)	0.2(2)	1.1(7)
31	55.66(3)	1.6500(9)	559(68)	0.25(4)	167(19)	0.30(7)	1.1(7)
32	57.050(4)	1.61305(11)	1974(128)	0.141(6)	377(11)	0.191(18)	1.06(14)
33	57.354(4)	1.60521(11)	2031(130)	0.145(6)	399(11)	0.196(18)	1.06(14)
34	58.712(6)	1.57129(15)	619(72)	0.253(18)	179(8)	0.29(5)	0.7(2)
35	61.80(2)	1.5000(5)	327(52)	0.31(5)	161(11)	0.49(11)	1.2(4)
36	62.337(10)	1.4883(2)	400(58)	0.10(2)	66(11)	0.16(5)	1.2(4)
37	62.620(9)	1.48229(18)	1479(111)	0.119(10)	280(14)	0.19(2)	1.2(4)
38	63.28(3)	1.4685(6)	48(20)	0.11(8)	6(5)	0.12(14)	1(5)
39	64.476(10)	1.4440(2)	1272(103)	0.190(11)	329(10)	0.26(3)	2.1(6)
40	66.788(10)	1.39954(18)	190(40)	0.13(2)	28(5)	0.15(6)	0.7(7)
41	68.985(14)	1.3602(2)	257(46)	0.19(2)	56(4)	0.22(6)	0.71(18)
42	69.515(9)	1.35115(15)	689(76)	0.155(9)	124(7)	0.18(3)	0.71(18)
43	69.789(9)	1.34652(15)	401(58)	0.140(13)	65(6)	0.16(4)	0.71(18)
44	70.440(16)	1.3356(3)	145(35)	0.18(3)	31(3)	0.21(7)	0.71(18)
45	71.394(18)	1.3201(3)	133(33)	0.16(3)	23(3)	0.17(7)	0.6(2)
46	71.97(2)	1.3110(3)	84(26)	0.14(4)	13(4)	0.15(10)	0.6(2)
47	72.28(2)	1.3061(4)	240(45)	0.25(3)	65(6)	0.27(8)	0.6(2)
48	73.22(2)	1.2916(4)	129(33)	0.22(4)	31(4)	0.24(9)	0.6(2)
49	74.17(2)	1.2774(4)	110(30)	0.22(6)	27(6)	0.24(12)	1.6(16)
50	76.807(14)	1.24003(19)	122(32)	0.13(3)	18(4)	0.14(7)	0.62(19)
51	77.286(15)	1.2335(2)	459(62)	0.218(15)	111(7)	0.24(5)	0.62(19)
52	78.639(12)	1.21566(15)	440(61)	0.35(2)	169(7)	0.38(7)	1.38(18)
53	79.056(9)	1.21030(11)	263(47)	0.172(16)	49(5)	0.19(5)	1.38(18)
54	79.91(3)	1.1995(3)	202(41)	0.21(3)	48(6)	0.24(8)	1.4(8)
55	81.269(18)	1.1828(2)	183(39)	0.25(4)	63(6)	0.35(11)	2.2(5)
56	81.854(8)	1.17585(9)	502(65)	0.151(13)	106(6)	0.21(4)	2.2(5)
57	82.341(6)	1.17012(7)	391(57)	0.093(11)	50(5)	0.13(3)	2.2(5)
58	82.83(2)	1.1644(2)	124(32)	0.19(5)	33(5)	0.27(11)	2.2(5)
59	83.609(9)	1.15558(10)	499(64)	0.181(17)	126(9)	0.25(5)	2.2(5)
60	83.870(6)	1.15264(7)	472(63)	0.102(15)	67(9)	0.14(4)	2.2(5)
61	88.54(10)	1.1035(10)	70(24)	0.5(2)	67(11)	1.0(5)	1.1(15)

L.3.1.3 Data Difraksi Sinar-X senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,10$)



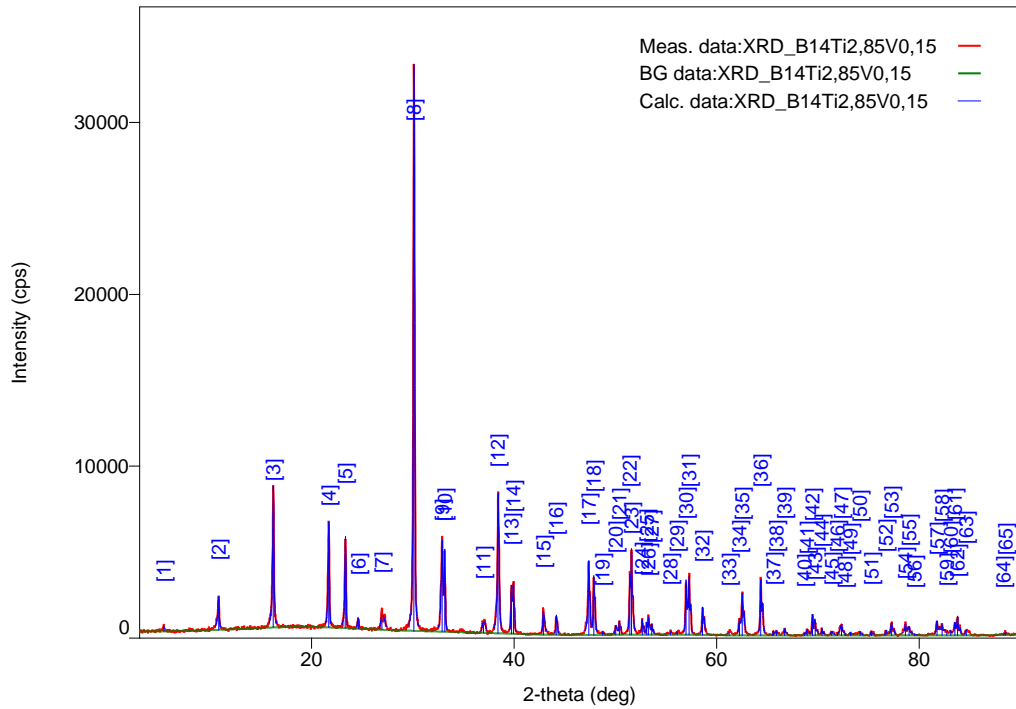
L.3.1.2 Difaktogram XRD $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,10$)

Tabel L.3.1.2 Daftar Puncak Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(1-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,10$)

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. Factor
1	10.832(8)	8.161(6)	1659(118)	0.114(12)	330(9)	0.199(19)	2.1(9)
2	16.231(8)	5.457(3)	6908(240)	0.122(8)	1318(23)	0.191(10)	1.3(4)
3	21.702(5)	4.0918(9)	5366(211)	0.126(5)	962(11)	0.179(9)	2.0(4)
4	23.346(7)	3.8073(11)	3762(177)	0.126(6)	669(11)	0.178(11)	1.7(4)
5	24.61(2)	3.615(3)	371(56)	0.13(3)	61(8)	0.16(5)	3(3)
6	26.921(11)	3.3092(13)	919(88)	0.112(17)	148(14)	0.16(3)	1.5(7)
7	27.215(19)	3.274(2)	637(73)	0.18(3)	167(16)	0.26(6)	1.5(7)
8	30.109(3)	2.9657(3)	26079(466)	0.111(4)	4399(38)	0.169(4)	1.20(14)
9	32.890(6)	2.7209(5)	3294(166)	0.191(9)	829(27)	0.25(2)	2.3(4)
10	33.137(4)	2.7013(3)	3026(159)	0.124(9)	492(26)	0.163(17)	2.3(4)
11	37.004(9)	2.4274(6)	411(59)	0.37(2)	163(12)	0.40(9)	1.1(3)
12	38.427(4)	2.3407(2)	6592(234)	0.119(6)	1339(17)	0.203(10)	1.16(19)
13	39.14(2)	2.2999(13)	153(36)	0.24(12)	68(11)	0.45(18)	2(3)
14	39.739(3)	2.26638(17)	2204(136)	0.109(5)	350(12)	0.159(15)	1.4(2)
15	39.932(3)	2.25587(15)	2499(144)	0.098(5)	356(12)	0.142(13)	1.4(2)
16	42.881(8)	2.1073(4)	1281(103)	0.113(11)	240(7)	0.19(2)	0.7(3)
17	44.182(6)	2.0482(3)	1122(97)	0.111(6)	167(5)	0.149(17)	1.5(4)
18	47.358(7)	1.9180(3)	3346(167)	0.132(10)	702(16)	0.210(15)	1.3(4)
19	47.870(6)	1.8987(2)	2924(156)	0.124(7)	528(12)	0.181(14)	1.2(3)
20	48.704(5)	1.86809(18)	195(40)	0.070(14)	15(3)	0.08(3)	0.6(5)
21	50.058(9)	1.8207(3)	358(55)	0.17(2)	83(6)	0.23(5)	2.4(5)

22	50.412(6)	1.8088(2)	482(63)	0.114(13)	75(6)	0.16(3)	2.4(5)
23	51.494(4)	1.77326(12)	2964(157)	0.273(12)	1047(23)	0.35(3)	0.75(18)
24	52.662(4)	1.73664(11)	630(72)	0.119(14)	112(6)	0.18(3)	3.4(17)
25	53.284(6)	1.71782(17)	606(71)	0.21(2)	188(9)	0.31(5)	3.4(17)
26	53.626(5)	1.70768(14)	388(57)	0.105(19)	61(8)	0.16(4)	3.4(17)
27	56.970(4)	1.61512(11)	2476(144)	0.132(6)	431(12)	0.174(15)	0.77(11)
28	57.275(4)	1.60724(10)	2885(155)	0.122(5)	463(12)	0.160(13)	0.77(11)
29	58.625(5)	1.57341(12)	1201(100)	0.135(8)	249(7)	0.21(2)	1.15(15)
30	61.318(12)	1.5106(3)	191(40)	0.20(3)	44(6)	0.23(8)	3(3)
31	62.233(4)	1.49056(8)	837(84)	0.125(15)	188(15)	0.22(4)	0.53(12)
32	62.5322(18)	1.48416(4)	2062(131)	0.091(8)	337(14)	0.164(17)	0.53(12)
33	64.372(4)	1.44611(9)	2992(158)	0.124(5)	559(8)	0.187(13)	1.3(2)
34	65.78(3)	1.4184(6)	118(31)	0.47(6)	79(6)	0.7(2)	1.3(3)
35	66.732(8)	1.40057(15)	364(55)	0.146(14)	76(4)	0.21(4)	1.3(3)
36	68.951(14)	1.3608(2)	294(49)	0.17(2)	71(6)	0.24(6)	1.9(5)
37	69.475(8)	1.35184(14)	865(85)	0.139(11)	168(9)	0.19(3)	1.9(5)
38	69.741(8)	1.34732(13)	414(59)	0.106(18)	62(9)	0.15(4)	1.9(5)
39	70.399(19)	1.3363(3)	253(46)	0.10(2)	32(4)	0.13(4)	1.1(9)
40	71.34(2)	1.3209(4)	191(40)	0.11(2)	22(5)	0.12(5)	2(2)
41	72.31(2)	1.3057(4)	369(55)	0.28(2)	113(7)	0.31(7)	2.0(6)
42	73.20(4)	1.2920(6)	126(32)	0.11(4)	17(5)	0.13(7)	2(3)
43	75.290(11)	1.26119(16)	161(37)	0.14(3)	26(5)	0.16(7)	2(2)
44	76.74(2)	1.2409(3)	196(40)	0.25(4)	67(6)	0.34(10)	2.1(6)
45	77.271(7)	1.23373(10)	746(79)	0.135(10)	135(7)	0.18(3)	2.1(6)
46	78.65(5)	1.2155(6)	312(51)	0.62(3)	207(12)	0.66(15)	0.8(2)
47	81.740(7)	1.17720(8)	767(80)	0.136(9)	143(6)	0.19(3)	0.85(17)
48	82.246(8)	1.17124(9)	504(65)	0.141(11)	98(5)	0.19(4)	0.85(17)
49	82.69(2)	1.1660(2)	136(34)	0.18(4)	34(6)	0.25(10)	0.85(17)
50	83.08(2)	1.1616(2)	138(34)	0.19(4)	36(6)	0.26(11)	0.85(17)
51	83.527(8)	1.15651(9)	553(68)	0.147(16)	112(11)	0.20(4)	0.85(17)
52	83.773(7)	1.15374(8)	653(74)	0.148(14)	133(11)	0.20(4)	0.85(17)
53	84.73(3)	1.1432(3)	268(47)	0.24(3)	75(7)	0.28(8)	2.2(11)
54	88.484(14)	1.10407(14)	157(36)	0.23(7)	69(6)	0.44(14)	3(4)

L.3.1.4 Data Difraksi Sinar-X senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,15$)



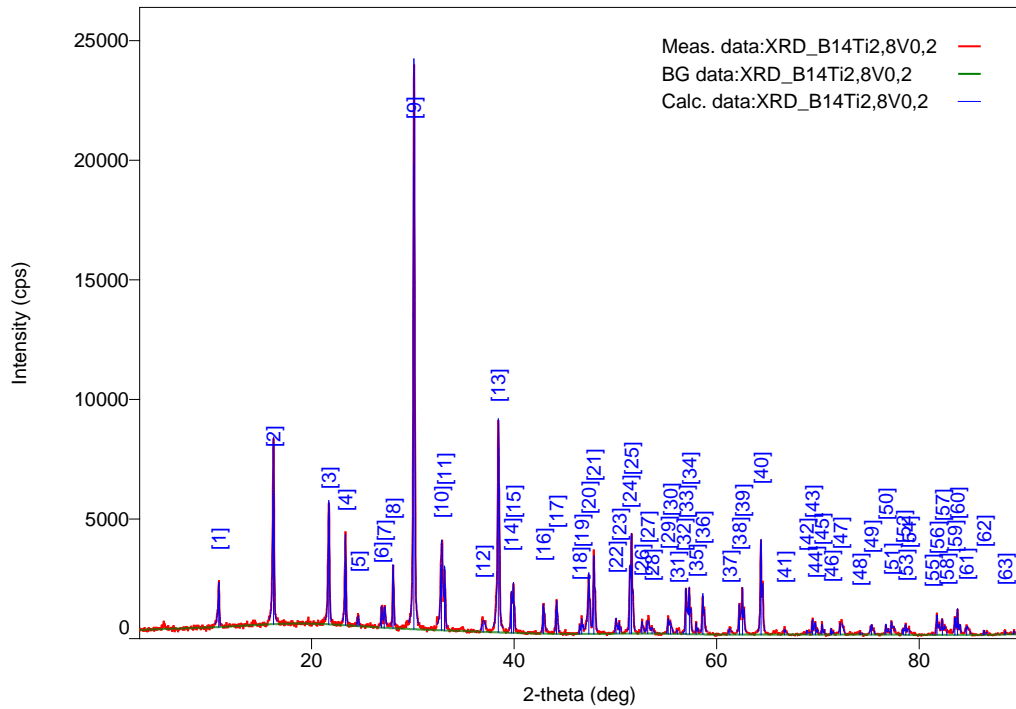
L.3.1.4 Difaktogram XRD $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,15$)

Tabel L.3.1.4 Daftar Puncak Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,15$)

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	5.417(10)	16.30(3)	194(40)	0.16(4)	65(7)	0.34(11)	3(4)
2	10.807(9)	8.180(7)	1334(105)	0.160(11)	356(9)	0.27(3)	1.5(4)
3	16.218(6)	5.461(2)	5837(221)	0.139(5)	1244(15)	0.213(11)	1.5(3)
4	21.696(6)	4.0929(11)	4359(191)	0.144(5)	839(12)	0.193(11)	2.2(5)
5	23.325(6)	3.8106(10)	4208(187)	0.115(7)	694(13)	0.165(10)	1.1(3)
6	24.593(7)	3.6170(10)	449(61)	0.14(2)	86(7)	0.19(4)	2.1(19)
7	26.932(9)	3.3079(10)	594(70)	0.44(2)	288(18)	0.49(9)	0.50(15)
8	30.099(2)	2.9667(2)	26992(474)	0.115(2)	4286(29)	0.159(4)	1.47(13)
9	32.896(4)	2.7205(3)	3760(177)	0.173(6)	881(21)	0.234(17)	4.6(9)
10	33.145(3)	2.7006(2)	3749(177)	0.102(6)	518(19)	0.138(12)	4.6(9)
11	36.97(3)	2.429(2)	457(62)	0.34(2)	167(13)	0.36(8)	1.0(4)
12	38.410(4)	2.3417(2)	6991(241)	0.123(7)	1418(20)	0.203(10)	1.16(19)
13	39.724(3)	2.26718(18)	2465(143)	0.099(5)	345(12)	0.140(13)	1.14(17)
14	39.923(3)	2.25635(16)	2578(147)	0.094(5)	343(12)	0.133(12)	1.14(17)
15	42.870(9)	2.1078(4)	1208(100)	0.141(15)	276(8)	0.23(3)	0.9(3)
16	44.147(7)	2.0498(3)	1047(93)	0.122(9)	176(5)	0.17(2)	0.9(2)
17	47.359(5)	1.9180(2)	3696(176)	0.122(7)	748(14)	0.202(13)	1.4(3)
18	47.848(4)	1.89951(15)	3258(165)	0.113(4)	545(8)	0.167(11)	0.87(16)

19	48.74(2)	1.8669(9)	158(36)	0.10(4)	26(5)	0.16(7)	2(3)
20	50.029(10)	1.8217(3)	476(63)	0.127(16)	86(6)	0.18(4)	1.4(5)
21	50.387(8)	1.8096(3)	700(76)	0.113(11)	112(6)	0.16(3)	1.4(5)
22	51.424(5)	1.77549(16)	3042(159)	0.119(8)	542(35)	0.18(2)	1.1(3)
23	51.587(5)	1.77026(16)	3155(162)	0.112(8)	530(34)	0.168(19)	1.1(3)
24	52.638(10)	1.7374(3)	791(81)	0.103(11)	122(6)	0.15(2)	0.9(4)
25	53.078(4)	1.72400(11)	596(70)	0.086(15)	77(11)	0.13(3)	0.53(18)
26	53.254(5)	1.71873(14)	733(78)	0.121(14)	134(11)	0.18(3)	0.53(18)
27	53.583(4)	1.70894(11)	520(66)	0.081(11)	64(6)	0.12(3)	0.53(18)
28	55.445(12)	1.6559(3)	169(37)	0.12(5)	39(6)	0.23(8)	1(2)
29	56.10(5)	1.6380(12)	166(37)	0.20(5)	42(6)	0.26(10)	0.7(6)
30	56.963(3)	1.61529(8)	2980(158)	0.118(4)	472(10)	0.158(12)	0.93(11)
31	57.272(3)	1.60732(8)	3223(164)	0.112(3)	485(10)	0.150(11)	0.93(11)
32	58.600(5)	1.57401(12)	1535(113)	0.121(8)	300(7)	0.195(19)	0.88(14)
33	61.22(5)	1.5128(11)	189(40)	0.28(4)	61(6)	0.32(10)	0.9(6)
34	62.231(7)	1.49062(15)	836(83)	0.151(13)	184(11)	0.22(4)	0.97(18)
35	62.528(5)	1.48425(11)	2225(136)	0.128(6)	415(13)	0.187(17)	0.97(18)
36	64.350(5)	1.44655(9)	3174(163)	0.121(5)	594(8)	0.187(12)	1.1(2)
37	65.585(6)	1.42227(11)	236(44)	0.119(13)	33(3)	0.14(4)	0.5(2)
38	65.885(6)	1.41652(11)	228(44)	0.121(14)	32(3)	0.14(4)	0.5(2)
39	66.713(9)	1.40093(17)	335(53)	0.156(12)	87(4)	0.26(5)	1.5(3)
40	68.660(10)	1.36587(17)	136(34)	0.10(2)	18(3)	0.13(6)	1.4(3)
41	68.925(8)	1.36127(14)	317(51)	0.127(12)	54(4)	0.17(4)	1.4(3)
42	69.458(6)	1.35211(10)	1156(98)	0.120(6)	186(8)	0.16(2)	1.4(3)
43	69.734(7)	1.34744(13)	541(67)	0.135(13)	98(8)	0.18(4)	1.4(3)
44	70.369(7)	1.33682(12)	415(59)	0.072(17)	54(4)	0.13(3)	1.4(9)
45	71.357(9)	1.32073(15)	237(44)	0.165(15)	42(3)	0.18(5)	2.7(6)
46	71.928(11)	1.31165(18)	147(35)	0.14(2)	22(4)	0.15(6)	2.7(6)
47	72.316(11)	1.30555(17)	530(66)	0.235(13)	134(7)	0.25(5)	2.7(6)
48	72.673(12)	1.30002(19)	57(22)	0.06(4)	3(2)	0.06(6)	2.7(6)
49	73.21(2)	1.2918(3)	155(36)	0.09(3)	17(4)	0.11(5)	1.7(19)
50	74.15(2)	1.2777(3)	184(39)	0.20(5)	67(5)	0.36(11)	5(4)
51	75.264(17)	1.2616(2)	247(45)	0.125(14)	33(4)	0.14(4)	1.6(9)
52	76.712(7)	1.24133(10)	261(47)	0.141(12)	43(3)	0.17(4)	1.18(15)
53	77.260(5)	1.23389(7)	677(75)	0.177(8)	141(5)	0.21(3)	1.18(15)
54	78.614(11)	1.21598(15)	571(69)	0.159(16)	158(11)	0.28(5)	1.1(3)
55	78.999(8)	1.21102(10)	441(61)	0.118(19)	91(10)	0.21(5)	1.1(3)
56	79.522(9)	1.20437(12)	68(24)	0.036(14)	4.7(13)	0.07(4)	5(11)
57	81.741(7)	1.17719(8)	766(80)	0.157(10)	180(7)	0.24(3)	1.2(3)
58	82.239(9)	1.17132(10)	536(67)	0.183(15)	147(7)	0.27(5)	1.2(3)
59	82.708(14)	1.16586(16)	187(39)	0.17(3)	47(6)	0.25(9)	1.2(3)
60	83.091(11)	1.16146(13)	190(40)	0.13(3)	38(6)	0.20(7)	1.2(3)
61	83.519(8)	1.15659(9)	638(73)	0.154(15)	147(12)	0.23(4)	1.2(3)
62	83.777(7)	1.15369(8)	728(78)	0.141(14)	154(12)	0.21(4)	1.2(3)
63	84.64(2)	1.1442(2)	308(51)	0.26(2)	86(6)	0.28(7)	0.8(3)
64	88.33(17)	1.1056(17)	36(17)	0.7(3)	38(9)	1.0(8)	1.5(19)
65	88.50(3)	1.1039(3)	152(36)	0.11(4)	24(16)	0.16(14)	1.5(19)

L.3.1.5 Data Difraksi Sinar-X senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,20$)



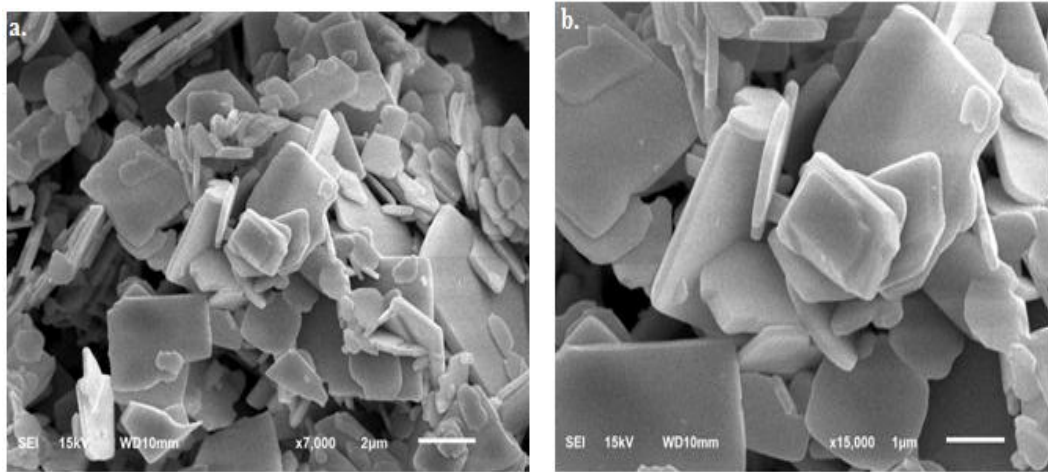
L.3.1.4 Difaktogram XRD $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,15$)

Tabel L.3.1.4 Daftar Puncak Senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,15$)

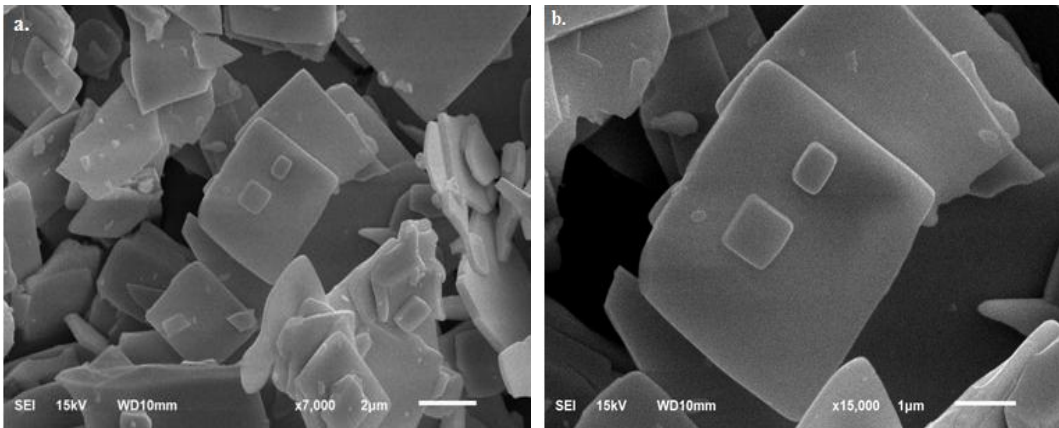
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	10.828(7)	8.164(5)	1300(104)	0.131(10)	277(8)	0.21(2)	1.3(4)
2	16.240(5)	5.4536(17)	5445(213)	0.155(4)	1123(15)	0.206(11)	2.0(3)
3	21.701(6)	4.0919(11)	3724(176)	0.153(4)	756(11)	0.203(12)	1.9(3)
4	23.340(8)	3.8082(13)	2857(154)	0.122(8)	483(11)	0.169(13)	1.9(6)
5	24.58(3)	3.618(5)	319(52)	0.15(3)	64(7)	0.20(5)	1(2)
6	26.884(8)	3.3136(10)	760(80)	0.110(15)	122(10)	0.16(3)	0.5(2)
7	27.174(11)	3.2789(13)	686(76)	0.14(2)	138(10)	0.20(4)	0.5(2)
8	28.044(6)	3.1792(7)	2332(139)	0.089(8)	292(9)	0.125(11)	1.2(4)
9	30.100(3)	2.9666(3)	19407(402)	0.124(3)	3206(27)	0.165(5)	1.35(14)
10	32.828(11)	2.7260(9)	2739(151)	0.207(13)	794(25)	0.29(3)	1.2(3)
11	33.124(5)	2.7023(4)	2166(134)	0.105(11)	317(21)	0.146(19)	1.2(3)
12	36.929(12)	2.4322(8)	324(52)	0.34(3)	118(13)	0.36(10)	0.7(3)
13	38.424(5)	2.3408(3)	7696(253)	0.133(7)	1576(23)	0.205(10)	1.05(17)
14	39.713(6)	2.2678(3)	1492(112)	0.135(12)	275(13)	0.18(2)	0.78(17)
15	39.921(4)	2.2565(2)	1694(119)	0.089(6)	204(12)	0.121(16)	0.78(17)
16	42.886(8)	2.1071(4)	1115(96)	0.135(11)	216(6)	0.19(2)	1.2(3)
17	44.176(8)	2.0485(4)	1198(100)	0.140(9)	218(7)	0.18(2)	1.4(4)
18	46.478(11)	1.9523(4)	321(52)	0.074(12)	28(4)	0.09(3)	2.0(13)

19	46.679(11)	1.9443(4)	547(68)	0.088(10)	56(5)	0.10(2)	2.0(13)
20	47.368(5)	1.9176(2)	2158(134)	0.132(8)	490(9)	0.227(18)	2.1(5)
21	47.865(4)	1.89888(13)	3038(159)	0.125(4)	498(8)	0.164(11)	1.27(16)
22	50.061(8)	1.8206(3)	587(70)	0.120(9)	87(5)	0.15(3)	2.2(7)
23	50.384(8)	1.8097(3)	446(61)	0.113(11)	62(4)	0.14(3)	2.2(7)
24	51.427(5)	1.77540(16)	2565(146)	0.126(10)	421(34)	0.16(2)	1.1(3)
25	51.594(5)	1.77003(15)	2833(154)	0.115(9)	423(34)	0.15(2)	1.1(3)
26	52.618(6)	1.73799(19)	463(62)	0.121(15)	66(6)	0.14(3)	0.8(3)
27	53.160(8)	1.7215(2)	453(61)	0.25(3)	132(9)	0.29(6)	0.8(3)
28	53.602(13)	1.7084(4)	237(44)	0.15(4)	43(6)	0.18(6)	0.8(3)
29	55.205(5)	1.66250(14)	630(72)	0.129(8)	98(5)	0.16(3)	1.31(17)
30	55.443(9)	1.6559(2)	343(53)	0.143(18)	59(5)	0.17(4)	1.31(17)
31	56.134(14)	1.6372(4)	174(38)	0.23(3)	48(4)	0.28(8)	1.31(17)
32	56.719(18)	1.6217(5)	122(32)	0.14(4)	21(6)	0.17(9)	1.31(17)
33	56.970(4)	1.61512(9)	1873(125)	0.123(4)	280(7)	0.149(14)	1.31(17)
34	57.287(3)	1.60693(8)	1851(124)	0.115(4)	258(8)	0.139(14)	1.31(17)
35	57.970(10)	1.5896(3)	465(62)	0.078(11)	49(4)	0.11(2)	1.0(6)
36	58.620(7)	1.57353(18)	1619(116)	0.118(8)	296(8)	0.183(18)	1.3(4)
37	61.28(3)	1.5115(6)	232(44)	0.22(3)	63(5)	0.27(8)	1.4(8)
38	62.234(5)	1.49055(11)	1194(100)	0.133(7)	239(9)	0.20(2)	0.88(16)
39	62.528(4)	1.48424(9)	1728(120)	0.102(5)	264(8)	0.153(16)	0.88(16)
40	64.357(4)	1.44641(8)	3812(178)	0.123(4)	665(9)	0.174(10)	0.95(14)
41	66.70(3)	1.4012(5)	198(41)	0.16(4)	50(8)	0.25(9)	1.0(6)
42	68.898(13)	1.3617(2)	170(38)	0.14(2)	28(3)	0.16(6)	1.3(3)
43	69.451(9)	1.35224(16)	620(72)	0.135(8)	96(6)	0.16(3)	1.3(3)
44	69.743(9)	1.34729(15)	414(59)	0.123(12)	59(5)	0.14(3)	1.3(3)
45	70.389(5)	1.33650(8)	437(60)	0.092(14)	54(5)	0.12(3)	0.6(4)
46	71.298(19)	1.3217(3)	252(46)	0.09(2)	29(4)	0.12(4)	0.9(8)
47	72.205(7)	1.30729(11)	491(64)	0.26(2)	147(7)	0.30(5)	0.50(17)
48	74.147(14)	1.2778(2)	107(30)	0.17(7)	35(6)	0.33(14)	4(6)
49	75.283(15)	1.2613(2)	382(56)	0.221(15)	92(6)	0.24(5)	2.1(7)
50	76.694(8)	1.24157(11)	439(60)	0.079(13)	63(4)	0.14(3)	1.1(6)
51	77.256(10)	1.23393(13)	538(67)	0.136(16)	125(6)	0.23(4)	1.2(4)
52	78.418(12)	1.21853(15)	249(46)	0.13(2)	35(7)	0.14(5)	1.7(7)
53	78.642(16)	1.2156(2)	302(50)	0.17(2)	54(8)	0.18(5)	1.7(7)
54	78.99(3)	1.2112(3)	169(38)	0.24(5)	43(6)	0.25(9)	1.7(7)
55	81.30(3)	1.1825(4)	63(23)	0.16(7)	15(6)	0.23(18)	1.7(4)
56	81.747(7)	1.17712(8)	823(83)	0.132(10)	157(7)	0.19(3)	1.7(4)
57	82.269(6)	1.17097(8)	613(71)	0.122(10)	107(6)	0.18(3)	1.7(4)
58	82.72(2)	1.1657(2)	135(34)	0.19(5)	37(6)	0.27(11)	1.7(4)
59	83.510(10)	1.15669(11)	683(75)	0.138(18)	141(13)	0.21(4)	1.0(3)
60	83.771(8)	1.15376(9)	730(78)	0.110(15)	120(13)	0.16(4)	1.0(3)
61	84.677(17)	1.14371(18)	348(54)	0.252(19)	101(6)	0.29(6)	1.2(3)
62	86.38(2)	1.1255(2)	199(41)	0.11(2)	28(4)	0.14(5)	0.8(7)
63	88.46(3)	1.1043(3)	120(32)	0.17(6)	34(5)	0.28(12)	1.9(19)
64	89.329(9)	1.09580(9)	131(33)	0.13(3)	20(4)	0.15(7)	0.6(6)

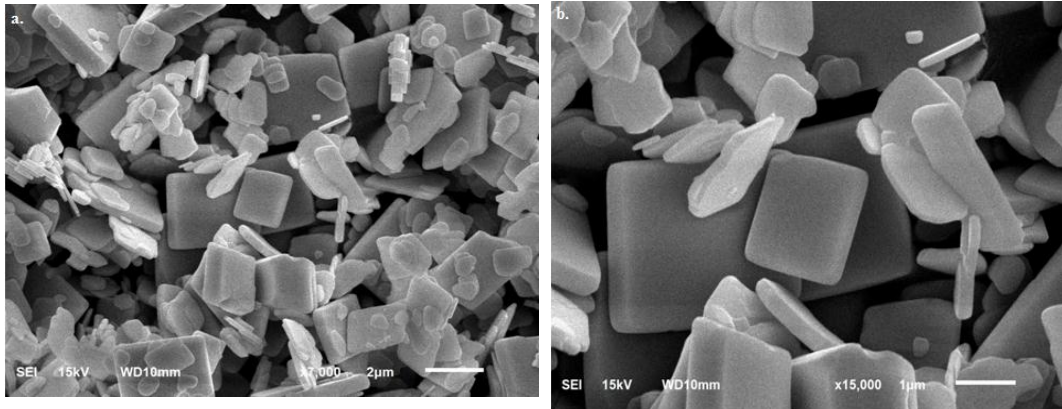
Lampiran 4. Hasil karakterisasi menggunakan SEM



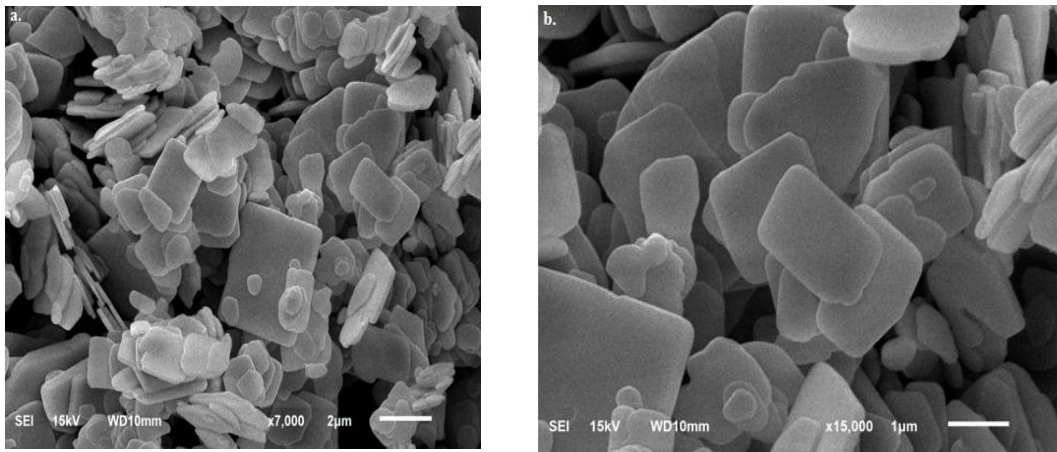
Gambar L.4.1 Morfologi $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=0$) pada perbesaran a.) 7000x dan b.)15000x



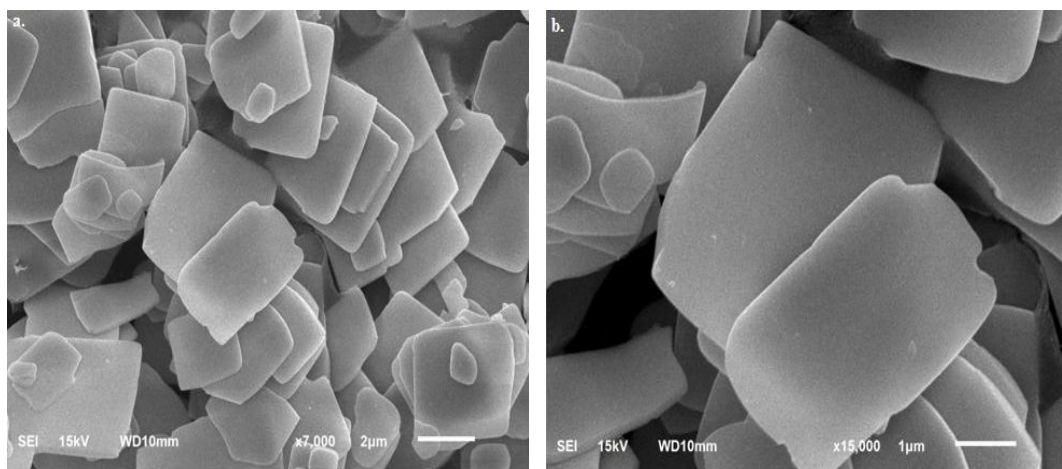
Gambar L.4.2 Morfologi $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x=0,05$) pada perbesaran a.) 7000x dan b.)15000x



Gambar L.4.3 Morfologi $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,10$) pada perbesaran a.) 7000x dan b.)15000x



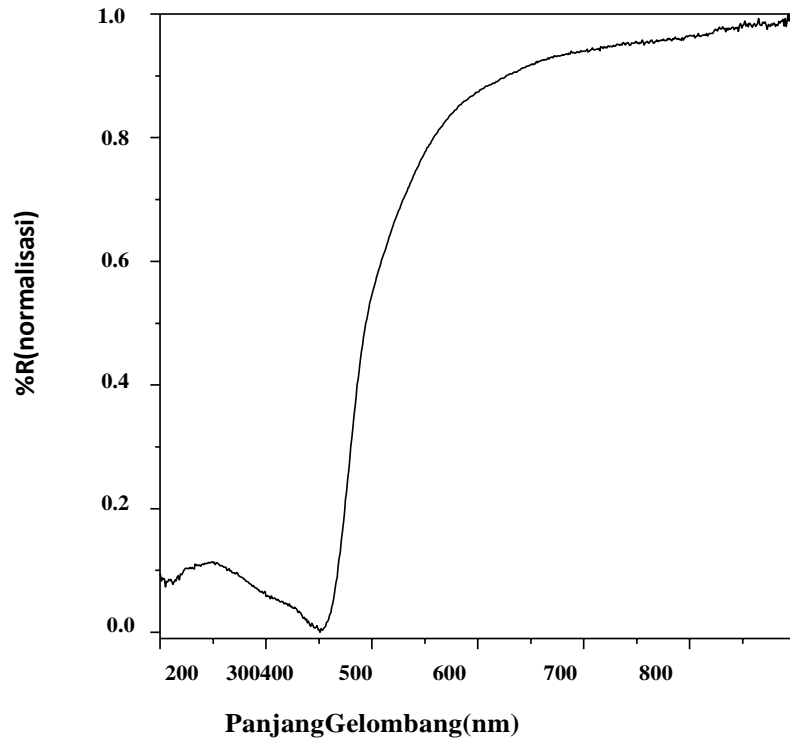
Gambar L.4.4 Morfologi $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0,15$) pada perbesaran a.) 7000x dan b.)15000x



Gambar L.4.5 Morfologi $\text{Bi}_4\text{Ti}_{(3-x)}\text{V}_x\text{O}_{12}$ ($x= 0$) pada perbesaran a.) 7000x dan b.)15000x

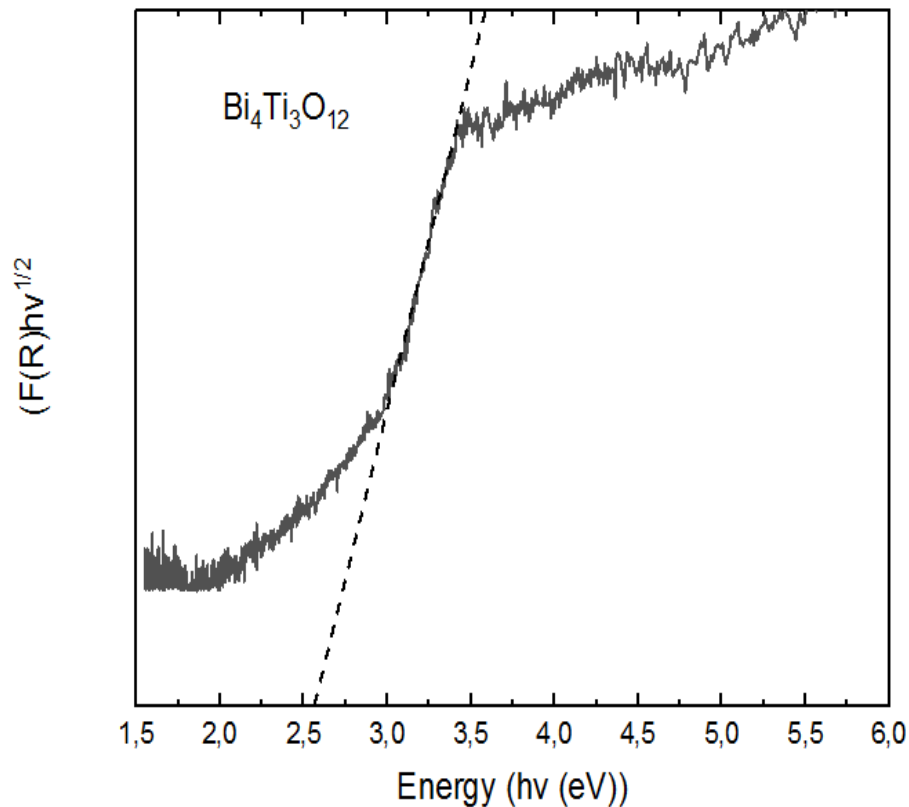
Lampiran5. Contoh Perhitungan Nilai Energi Celah Pita

$\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ untuk $x=0$



Gambar L.5.1.1 Spektra DRS hubungan % reflektan dengan panjang gelombang senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ tanpa doping

Dari pengukuran dengan UV-Vis DRS diperoleh grafik hubungan antara % reflektansi dengan panjang gelombang yang ditampilkan pada Gambar L.5.1.1. Selanjutnya data tersebut dianalisis dengan menggunakan Persamaan Kubelka-Munk (Persamaan 3.1) dan diolah menjadi grafik hubungan $(F(R).hv)^{1/2}$ dengan energi celah pita (hv) yang ditampilkan pada Gambar L.5.1.2 Energi celah pita dihitung dengan menarik garis lurus pada bagian kurva yang menurun sampai pada nilai $y=0$ dan nilai x pada $y=0$ adalah energi celah pita yang diperoleh untuk senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_{3-x}\text{V}_x\text{O}_{12}$ (pada $y=0$ maka nilai x adalah 2,57 eV (nilai energi celah pita)



Gambar L.5.1.1 Spektra DRS energi celah pita (*bandgap*) senyawa $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ untuk $x=0$

Data energi celah pita dapat dikonversikan menjadi nilai panjang gelombang dengan menggunakan hukum Planck ($E=hc/\lambda$) seperti di bawah ini

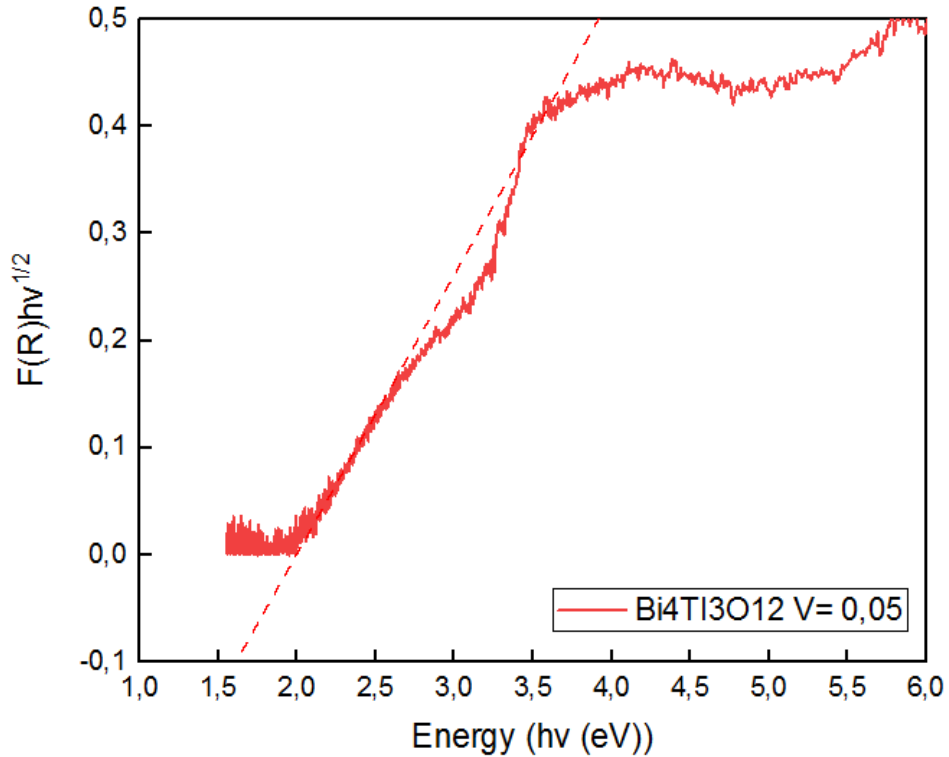
$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ J}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$$

Panjang gelombang pada $E_g = 2,57 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2,57 \text{ eV}} = 494 \text{ nm}$$

Langkah yang sama digunakan untuk menghitung energi celah pita yang lain. Perhitungan singkat yang lain ditampilkan pada L.5.2- L5.5.

L.5.2 Bi₄Ti_{3-x}V_xO₁₂ untuk x=0,05



Gambar L.5.2.1 Spektra DRS energi celah pita (*bandgap*) senyawa Bi₄Ti₃O₁₂ untuk x=0,05

Diketahui

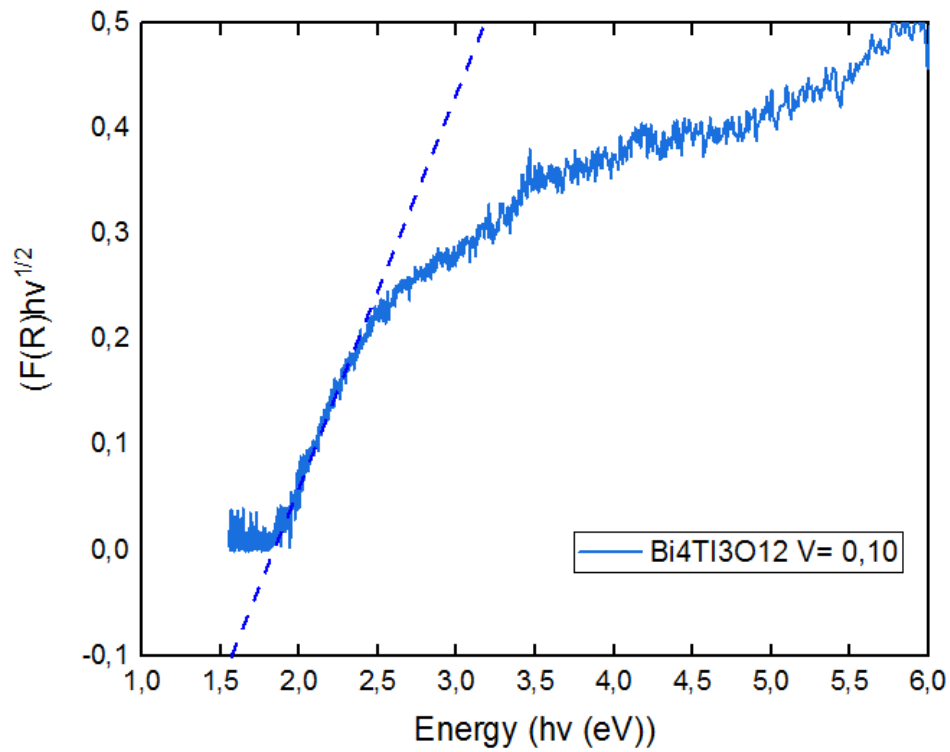
Nilai energi celah pita adalah 1,66 eV

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

Panjang gelombang pada Eg = 1,66 eV

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,66 \text{ eV}} = 477 \text{ nm}$$

L.5.3 Bi₄Ti_{3-x}V_xO₁₂ untuk x=0,10



Gambar L.5.3.1 Spektra DRS energi celah pita (*bandgap*) senyawa Bi₄Ti₃O₁₂ untuk x=0,10

Diketahui

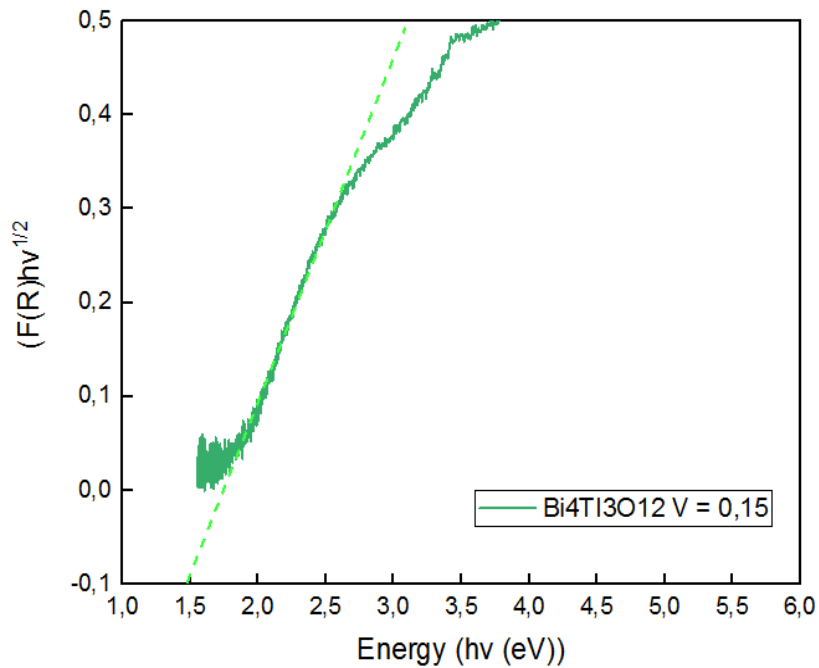
Nilai energi celah pita adalah 1,57eV

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

Panjang gelombang pada $E_g = 1,57 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,57 \text{ eV}} = 605 \text{ nm}$$

L.5.4 Bi₄Ti_{3-x}V_xO₁₂ untuk x=0,15



Gambar L.5.4.1 Spektra DRS energi celah pita (*bandgap*) senyawa Bi₄Ti₃O₁₂ untuk x=0,15

Diketahui

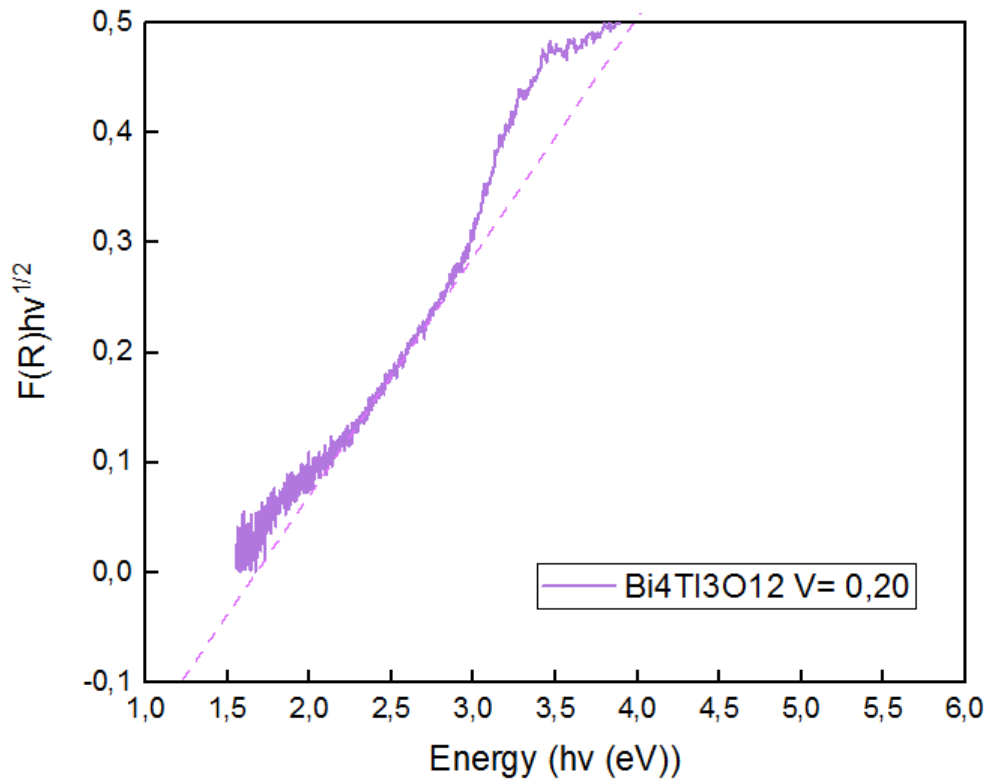
Nilai energi celah pita adalah 1,48eV

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

Panjang gelombang pada $E_g = 1,48\text{eV}$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,48 \text{ eV}} = 725 \text{ nm}$$

L.5.4 Bi₄Ti_{3-x}V_xO₁₂ untuk x=0,15



Gambar L.5.4.1 Spektra DRS energi celah pita (*bandgap*) senyawa Bi₄Ti₃O₁₂ untuk x=0,20

Diketahui

Nilai energi celah pita adalah 1,22 eV

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

Panjang gelombang pada $E_g = 1,22 \text{ eV}$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,22 \text{ eV}} = 534 \text{ nm}$$

