

SINTESIS DAN KARAKTERISASI $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) DARI Li_2CO_3 DAN TiO_2
UNTUK BATERAI *FAST CHARGING*

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika**



Disusun Oleh:

Endah Puspita

08021281722023

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI Li₄Ti₅O₁₂ (LTO) DARI Li₂CO₃ DAN TiO₂ UNTUK BATERAI FAST CHARGING

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika**

Disusun oleh:

ENDAH PUSPITA
08021281722023

Indralaya, Februari 2021

Pembimbing I


Dr. Ramian
NIP.196604101993031003

Pembimbing II


Oka Pradipta Arjasa, Ph. D
NIP.198002272008011007



PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : EndahPuspita

NIM : 08021281722023

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) dari Li_2CO_3 dan TiO_2 untuk Baterai *Fast Charging*

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul diatas merupakan hasil penelitian saya sendiri dibawah supervising pembimbing yang saya susun dengan sebenarnya berdasarkan norma akademik dan bukan merupakan hasil plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun. Apabila di kemudian hari saya terbukti melanggar pernyataan yang telah saya sampaikan, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku.

Indralaya, Maret 2021

Penulis,



Endah Puspita
NIM.08021281722023

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabaarakatuuh

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunianya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) dari Li_2CO_3 dan TiO_2 untuk Baterai *Fast Charging*". Laporan tugas akhir ini diajukan dengan tujuan melengkapi persyaratan kurikulum untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya. Disamping itu, laporan tugas akhir ini juga bertujuan untuk memperluas wawasan penulis dalam dunia baterai. Penelitian ini akan di Laboratorium Material, Pusat Teknologi Material (PTM), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (PTM - BPPT) Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan, baik saran maupun kritik yang sifatnya membangun. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesarnya pada pihak-pihak yang membantu penulis dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini terutama kepada dosen pembimbing I Bapak Dr. Ramlan dan pembimbing II Bapak Oka Pradipta Arjasa, Ph. D yang telah banyak memberikan nasihat, motivasi serta membantu dalam pelaksanaan penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir. Selain itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberi bantuan, bimbingan, saran dan kritik diantaranya:

1. Ayah, Ibu, Adik dan kakak yang senantiasa memberikan dukungan dan do'a kepada penulis.
2. Bibi, kakak ipar, kakak sepupu yang telah memberikan bantuan kepada penulis yang selalu memberikan do'a dan banyak membantu penulis.
3. Mba Retna Deca Pravitasari selaku peneliti di PTM-BPPT yang telah banyak membantu dalam melakukan proses pelaksanaan penelitian terutama di laboratorium dan banyak memberikan saran kepada penulis.
4. Mba Riesma Tasomara selaku peneliti di PTM-BPPT yang telah banyak membantu dalam proses penelitian seperti mengolah data hasil penelitian.

5. Bapak Dr. Ir. Jarot Raharjo, M. Sc selaku *Chief Engineering* kegiatan baterai beserta para peneliti lain yang telah banyak memberikan masukan serta saran kepada penulis mengenai proses dan hasil penelitian.
6. Bapak Drs. Hadir Kaban, M. T selaku penguji I, bapak Dr. Supardi, S.Pd., M.Si selaku penguji II dan bapak Drs. Pradanto, DEA selaku penguji III yang telah banyak memberikan kritik dan saran kepada penguji dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.
7. Teman-temanku di kosan yang bernama Milen, Suci, Diani yang selalu bersama penulis pada saat pergi ke instansi penelitian Tugas Akhir serta menjadi teman diskusi dalam hal sedih, susah dan senang.
8. Mba Nur dan mba Siska yang ada di kosan Puri Sentosa yang selalu menemani dan menghibur penulis agar tidak merasa kesepian.
9. Rekanku Cici yang sering bertukar pikiran dan membantu penulis ketika kebingungan saat melaksanakan penelitian tugas akhir di PTM-BPPT.
10. Teman-temanku Edgar, Irbah, Merry, Caca dan Hanan yang telah menjadi teman seperjuangan pada melaksanakan penelitian di PTM-BPPT dan sering pulang bersama .
11. Bapak Marsudi selaku supir (*driver*) bis Puspittek yang sering mengantar dan menjemput penulis secara khusus pada saat penelitian di PTM-BPPT.
12. Teman-temanku Risa dan Fikri yang telah sering menemani penulis dan menghibur penulis serta selalu memberikan semangat kepada penulis agar bisa menyelesaikan tugas akhir dengan cepat.
13. Adik tingkatku Ria yang telah membantu penulis untuk menyediakan tempat tinggal sementara di Indralaya selama seminar proposal dan seminar hasil.
14. Temanku Siti Fatimah yang telah mau berdiskusi tentang baterai.
15. Temanku Ilham Eka Putra yang sering memberikan semangat kepada penulis.

Indralaya, Oktober 2020
Penulis,



Endah Puspita
NIM.08021281722023

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Baterai Lithium Ion	5
2.2. Anoda Lithium Titanate Oxida ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$).....	7
2.2.1. Lithium Karbonat (Li_2CO_3)	10
2.2.2. Titanium Dioksida (TiO_2).....	11
2.3. Proses Kimia Basah	13
2.3.1. Metode Sol-Gel	13
2.3.2. Metode Presipitasi	16
2.5. Karakterisasi Basic.....	17
2.5.1. X-Ray Diffraction (XRD).....	18
2.5.2. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).....	18
2.5.3. Thermogravimetric Analysis (TGA)	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	21
3.2.1. Alat Penelitian	21
3.2.2. Bahan Penelitian.....	21
3.3. Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1. Sintesis $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) dengan Metode Sol-Gel	22
3.3.2. Sintesis $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) dengan Metode Presipitasi	22
3.4. Diagram Penelitian.....	24

3.4.1. Sintesis Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ metode sol-gel.....	24
3.4.2. Sintesis Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ metode Presipitasi.....	26
3.4.2.1. Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ tanpa H ₂ O ₂	27
3.4.2.1. Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ menggunakan H ₂ O ₂	28
3.5. Karakterisasi Material	28
3.5.1. Uji X-Ray Diffraction (XRD).....	28
3.5.2. Uji Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FTIR).....	28
3.5.3. Uji Thermogravimetric Analysis (TGA)	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Hasil Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)	30
4.1.1. Analisis Tingkat Kemurnian Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ Metode Sol-Gel dan Presipitasi.....	32
4.2.2. Analisis Fasa Serbuk TiO ₂ (TH dan THH).....	34
4.2. Hasil Karakterisasi Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	36
4.3. Hasil Karakterisasi Uji Thermogravimetric Analysis (TGA)	39
4.3.1. Analisis Weight-Loss LTO Sol-Gel pada Karakterisasi TGA	39
BAB V PENUTUP	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Komponen baterai lithium ion dan proses pengisian / pengosongan elektrokimia yang sesuai. Bahan katoda dan anoda yang ditunjukkan di sini masing -masing adalah LiCoO ₂ dan Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	7
Gambar 2.2.	Konfigurasi baterai lithium ion.....	8
Gambar 2.3.	<i>Voltaic cells</i>	8
Gambar 2.4.	Struktur spinel <i>Lithium Titanate Oxide</i> (Li ₄ Ti ₅ O ₁₂) dengan <i>space group</i> Fd-3m (octahedral dan tetrahedral)	9
Gambar 2.5.	Struktur bentuk kristal Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ (LTO).....	10
Gambar 2.6.	Struktur kristal Li ₂ CO ₃	12
Gambar 2.7.	Bentuk struktur kristal TiO ₂	13
Gambar 2.8.	Sol dan gel.....	15
Gambar 2.9.	Proses tahapan sol-gel.....	16
Gambar 2.10.	Pola XRD sampel pada kalsinasi berbeda suhu.....	17
Gambar 2.11.	Proses pemantulan cahaya terhadap bidang yang berisi atom-atom	18
Gambar 2.12.	Prinsip kerja FTIR	20
Gambar 2.13.	Skema peralatan TGA	21
Gambar 3.1.	Diagram alir penelitian sintesis LTO metode sol-gel.....	26
Gambar 3.2.	Diagram alir penelitian sintesis LTO tanpa H ₂ O ₂ metode presipitasi	27
Gambar 3.3.	Diagram alir penelitian sintesis LTO menggunakan H ₂ O ₂ metode presipitasi	28
Gambar 4.1.	Hasil XRD dari TiO ₂ komersial	32
Gambar 4.2.	Pola puncak difraksi terhadap Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ sol-gel dan Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ TH dan THH (presipitasi)	33
Gambar 4.3.	Hasil karakterisasi XRD pada serbuk TH dan THH	37
Gambar 4.4.	Spektra IR pada LTO metode sol-gel dan LTO metode presipitasi (TH dan THH).....	38
Gambar 4.5.	Hasil kurva TGA pada sampel LTO sol-gel	41
Gambar 4.6.	Hasil kurva TGA pada sampel LTO TH.....	42
Gambar 4.7.	Hasil kurva TGA pada sampel LTO THH	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Perbandingan Tingkat Kristalinitas dan Ukuran kristal LTO	27
Tabel 3.2. Gugus Fungsi yang Terdapat pada sampel LTO	28
Tabel 4.1. Parameter sel dan struktur kristal pada sampel LTO hasil analisa <i>software High Score Plus</i>	34
Tabel 4.2. Perbandingan Tingkat Kristalinitas dan Ukuran kristal LTO	35
Tabel 4.3. Serapan gugus fungsi pada bilangan gelombang ekspresimen berdasarkan gelombang referensi	39
Tabel 4.4. Gugus fungsi pada sampel LTO	40

SINTESIS DAN KARAKTERISASI $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) DARI Li_2CO_3 DAN TiO_2
UNTUK BATERAI FAST CHARGING

Endah Puspita

*Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya*

Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis material serbuk $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) menggunakan variabel meliputi perbandingan metode sol-gel dan metode presipitasi. Karakterisasi yang dilakukan meliputi *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA). Dari hasil analisa XRD, metode sol-gel menghasilkan tingkat kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan metode presipitasi. Hasil FTIR menunjukkan gugus fungsi atau ikatan kimia paling banyak terdapat pada LTO metode presipitasi dibandingkan metode sol-gel. Hasil TGA menunjukkan bahwa perubahan dekomposisi pada sampel LTO sebesar 70,18% (LTO sol-gel), 43,4% (LTO TH) dan 36,23% (LTO THH).

Kata kunci : Serbuk $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, metode sol-gel, metode presipitasi, baterai lithium ion.

Indralaya, Februari 2021

Pembimbing I



Dr. Ramdan
NIP.196604101993031003

Pembimbing II



Oka Pradipta Arjasa, Ph. D
NIP.198002272008011007



SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF Li₄Ti₅O₁₂ (LTO) FROM Li₂CO₃ AND TiO₂ FOR FAST CHARGING BATTERIES

Endah Puspita

Department of Physics, Faculty of Mathematic and Natural Sciences

Sriwijaya University

Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM 32 Indralaya, Ogan Ilir

ABSTRACT

The synthesis of the Li₄Ti₅O₁₂ (LTO) powder material using variables includes the comparison of the sol-gel method and the precipitation method. The characterization carried out included X-Ray Diffraction (XRD) Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Thermogravimetric Analysis (TGA). From the XRD analysis results, the sol-gel method produces a higher level of purity than the precipitation method. The FTIR results showed that functional groups or chemical bonds were mostly found in the LTO precipitation method compared to the sol-gel method. The TGA results showed that the decomposition changes in the LTO sample were 70.18% (LTO sol-gel), 43.4% (LTO TH) and 36.23% (LTO THH).

Key words: Li₄Ti₅O₁₂ powder, sol-gel method, deposition method, lithium ion battery.

Indralaya, Februari 2021

Pembimbing I


Dr. Ramdan
NIP.196604101993031003

Pembimbing II


Oka Pradipta Arjasa, Ph. D.
NIP.198002272008011007



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di zaman yang modern ini tentunya telah terjadi peningkatan kebutuhan manusia, seperti tingginya kebutuhan bahan bakar fosil (batu bara, gas, bensin dan lain-lain) yang dijadikan sebagai sumber energi dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan bahan bakar fosil dalam waktu jangka panjang tentunya akan semakin membuat persediaan bahan bakar fosil menjadi menipis. Hal itu disebabkan bahan bakar fosil tidak bisa untuk di perbaharui kembali. Menipisnya bahan bakar fosil mengakibatkan munculnya kenaikan harga pada bahan bakar tersebut (Priyono *et al.*, 2016). Solusi dalam mengatasi menipisnya bahan bakar fosil yaitu dengan beralihnya pemakaian sumber energi dari bahan bakar fosil menjadi sumber energi terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan yaitu dengan memanfaatkan penggunaan baterai.

Baterai lithium ion (LIB) merupakan salah satu jenis baterai sekunder yang dapat di isi ulang kembali atau sebuah perangkat penyimpan energi dan konversi yang dapat di isi ulang tanpa emisi, dimana LIB telah menarik minat besar sebagai sumber energi yang menjanjikan berdasarkan pada manfaat dari kepadatan energi yang tinggi, keramahan lingkungan dan keamanan yang tinggi (Wang dan Zhu, 2020). Baterai li-ion telah biasa digunakan pada perangkat elektronik portabel, fasilitas komunikasi, kendaraan listrik (EV, HEV dan PHEV) dan energi stasioner sistem penyimpanan (Zhang *et al.*, 2013). Terdapat beberapa komponen dalam penyusunan baterai li-ion yaitu elektroda (anoda dan katoda), elektrolit dan separator. Pembuatan anoda pada baterai li-ion umumnya sering menggunakan bahan karbon berupa grafit. Namun, anoda berbasis grafit memiliki beberapa kekurangan diantaranya pada proses pengisian/pengosongan (*charging/discharging*), kristal grafit mengalami perubahan ekspansi yang cukup besar. Selain itu grafit memiliki ukuran partikel yang cukup besar sehingga dapat membuat lithium ion cukup sulit menjauh atau melepaskan diri dari grafit, akibatnya energi yang dihasilkan mengalami penurunan (Agusu dan Yuliana 2017). Sehingga anoda berbasis grafit mulai tidak di gunakan dalam pembuatan baterai lithium ion *fast charging* karena keamanannya kurang baik. Untuk mengatasi hal itu,

terdapat spinel lithium titanate oksida ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) yang menjadi peluang dalam menggantikan karbon (grafit) dalam pembuatan anoda baterai lithium ion. Hal itu dikarenakan $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ memiliki voltase tegangan penyisipan/ekstraksi lithium dan memiliki tegangan stabil sebesar 1,55 V, menghindari pembentukan lapisan *solid electrolyte interphase* (SEI) dan secara khusus meningkatkan keamanan LIB (Mahmoud *et al.*, 2015). Selain itu dengan penggunaan $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ pada pembuatan anoda relative lebih murah dan ekonomis sebab $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ merupakan suatu elemen yang berlimpah dan mempunyai toksitas yang rendah. Jadi baterai lithium-ion dengan anoda $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dapat diterapkan ke berbagai macam keadaan dengan keunggulan yang penting dalam hal kinerja *cyclic* dan stabilitas termal, meskipun tegangan *output* baterai lithium-ion dengan anoda $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ lebih rendah dibandingkan baterai lithium-ion dengan karbon untuk anoda (Xiang *et al.*, 2011).

Bahan $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) memiliki kelebihan diantaranya dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang, memiliki sifat *zero strain* material yang berarti tidak ada perubahan pada struktur atau volume kisi-kisi kristal $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dimana kisi-kisi tersebut akan tetap stabil. Kestabilan pada kisi-kisi kristal $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ tentunya memiliki kelebihan di antaranya pada saat proses insersi atau interkalasi dan deinsersi pada baterai dapat menentukan waktu hidup (*life time*) dari sel baterai dan memiliki kemampuan daya yang baik (Subhan *et al.*, 2015). Namun bahan $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ juga terdapat kekurangan diantaranya memiliki nilai konduktivitas yang rendah. Akan tetapi, rendahnya nilai konduktivitas dapat diatasi dengan membuat $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ melalui beberapa cara seperti menggunakan nano $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ untuk memperluas bidang kontak sehingga dapat mempercepat kinetika reaksi dan meningkatkan kemampuan *charging/discharging* (Wang dan Zhu, 2020), dapat menambahkan bahan lain seperti graphene untuk meningkatkan konduktifitas (Xiang *et al.*, 2011), serta dengan menggunakan metode sol gel yang dapat menghasilkan LTO dengan tingkat homogenitas yang baik (Ningsih, 2016).

Pada penelitian sebelumnya (Zhang *et al.*, 2013) telah dilakukan penelitian mengenai sintesis LTO menggunakan bahan utama/baku yaitu *tetrabutyl titanat* [$\text{Ti}(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_4$, TBT] dan Li_2CO_3 dengan metode sol gel dengan bantuan EDTA-CA, sintesis LTO ini menggunakan suhu kalsinasi 750–800°C. Pada saat menggunakan karakterisasi atau pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD), hasil yang telah di peroleh yaitu

pada serbuk yang dikalsinasi pada suhu 800°C didapatkan fase murni dan kristalinitas yang baik dan kinerja siklik elektrokimia yang cukup stabil. Pada penelitian yang dilakukan mahmoud *et al* (2015), telah dilakukan penelitian mengenai efek perlakuan termal yang digunakan pada sintesis Li₄Ti₅O₁₂, suhu yang digunakan pada penelitian ini sebesar 900°C dengan waktu yang berbeda-beda (1 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam). Hasil yang didapatkan pada suhu 900°C dengan waktu 1 jam diperoleh ukuran partikel lebih kecil dibandingkan waktu 24 jam.

Selanjutnya terdapat metode sintesis lain yakni metode presipitasi. Metode presipitasi merupakan jenis metode kimia basah seperti metode sol-gel. Metode ini biasa digunakan untuk mendapatkan sebuah padatan yang memiliki struktur yang kristalin. Pada metode ini memiliki kelebihan seperti proses sintesis dan reaksi kimianya lebih sederhana, dapat menghasilkan ukuran dan tingkat kehomogenitasan yang baik pada partikel, dapat mencapai komposisi yang tinggi, biaya yang murah serta dapat menggunakan suhu yang rendah (Fadlilah *et al.*, 2018; Munfarida *et al.* 2015; Nursanti, Muhlisin *et al.*, 2011). Dalam pembuatan serbuk LTO juga sudah pernah dilakukan dengan metode presipitasi. Hal itu telah dilakukan oleh Huynh *et al* (2019) dimana pada penelitiannya mengenai struktur dan sifat elektrokimia Li₄Ti₅O₁₂ yang disiapkan melalui presipitasi suhu rendah. Pada proses pembuatan LTO menggunakan prekursornya menggunakan bahan baku titanium *butoxide* Ti(OBu)₄ dan lithium *hydroxide monohydrate* (LiOH·H₂O). Suhu kalsinasi yang digunakan pada serbuk LTO menggunakan suhu yang rendah yaitu dari 500°C sampai 800°C dalam 12 jam. Hasil akhir dari pembuatan serbuk LTO ini ialah berupa serbuk yang memiliki struktur kristalinitas LTO terbaik yang terdapat pada suhu kalsinasi 700°C dimana pada kristalinitas terus meningkat berdasarkan kenaikan suhu kalsinasi, sedangkan pada suhu 800°C meskipun kristalinitasnya tinggi terjadi pembentukan rutile TiO₂. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode presipitasi juga dapat menghasilkan LTO dengan kristalinitas yang baik.

Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan serbuk Li₄Ti₅O₁₂ dari bahan TiO₂ dan Li₂CO₃ dengan menggunakan dua metode yaitu metode sol-gel dan metode presipitasi. Selain itu pada penelitian ini akan dilakukan karakterisasi berupa XRD, FTIR, dan TGA.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada pada penelitian ini adalah : Bagaimana tingkat kemurnian dan karakteristik $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) yang disintesis menggunakan bahan baku TiO_2 dan Li_2CO_3 serta metode manakah yang lebih efektif dalam menghasilkan kemurnian $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO)?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis tingkat kemurnian pada $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) yang disintesis menggunakan bahan baku TiO_2 dan Li_2CO_3 dengan metode sol gel dan metode presipitasi.
2. Menganalisa dan membandingkan antara metode sol-gel dan presipitasi sebagai metode yang lebih efektif untuk menghasilkan kemurnian $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO).

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan agar bisa menhasilkan atau mendapatkan serbuk $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ yang baik dengan metode sol-gel dan presipitasi dimana karakteristik seperti bentuk struktur morfologi, ukuran partikel pembentukan fasa serta memiliki kinerja elektrokimia yang baik. Selain itu juga diharapkan agar bisa menghasilkan serbuk $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) sebagai bahan pembuatan anoda baterai li-ion sehingga dapat dikembangkan dan diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari sebagai sumber energi terbarukan.

1.5. Batasan Masalah

Variabel yang digunakan dalam pembuatan anoda $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ antara lain variasi metode sintesis yaitu metode sol-gel dan metode presipitasi dan jenis pelarut yang digunakan yaitu etanol dan asam nitrat digunakan pada metode sol-gel sedangkan asam sulfat dan asam klorida untuk metode presipitasi. Pengujian karakterisasi material menggunakan XRD, FTIR, dan TGA.

DAFTAR PUSTAKA

- Aflahannisa dan Astuti., 2016. "Sintesis Nanokomposit Karbon-TiO₂ Sebagai Anoda Baterai Lithium." *Jurnal Fisika Unand* 5 (4): 357–63.
- Adnan, S. R. dan Soegijono, B., 2020. "Sifat Termal dan Analisis Komposisi Material Barium Zirkonium Titanat (BZT) dengan Doping Lantanum dan Indium." *Jurnal Kajian Teknik Mesin* 5 (2) : 78-82.
- Afza, E., 2011. "Pembuatan Magnet Permanent Ba-Hexa Ferrite (Ba_{0.6}Fe₂O₃) dengan Metode Koopresipitasi dan Karakterisasinya". [Skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Agusu, L. dan Yuliana. 2017., "Fabrikasi Komposit Graphene/TiO₂/pANI sebagai Bahan Elektroda Baterai Lithium-Ion (Li-Ion)." *Jurnal Aplikasi Fisika* 13 (1): 14–21.
- Antika, I. F. dan Hidayat, S., 2019. "Karakteristik Anoda Baterai Lithium-Ion Yang Dibuat Dengan Metode Spraying Berbasis Binder CMC." *Ilmu Dan Inovasi Fisika (JIIF)* 03 (02): 114–21.
- Arizal, Fachrul, Hasbi, M. dan Kadir, A., 2017. "Pengaruh Kadar Garam terhadap Daya yang Dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Air Garam sebagai Energi Alternatif Terbarukan." *ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin* 2 (2): 1–5.
- Brundle, Richard, C., Evans, C. A., dan Wilson, S., 1992. "Encyclopedia of Materials Characterization". America: Butterworth-Heinemann
- Cahyana, A., Marzuki, A dan Cari., "Kinematika Kristalisasi pada Kaca 60TeO₂-30ZnO-10Na₂O". *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF)* 1 (5) : 25-29.
- Catauro, M., 2019. "Sol-Gel Chemistry Applied to Materials Science". Switzerland : MDPI .
- Eddy, D. R., Noviyanti, A.R. dan Dini Janati. 2016. "Sintesis Silika Metode Sol-Gel sebagai Penyangga Fotokatalis TiO₂ terhadap Penurunan Kadar Kromium dan Besi." *Kimia* 17 (2): 82–89.
- Fadlilah, I., Prasetya, A. dan Mulyono, P., 2018. "Recovery Ion Hg²⁺ Dari Limbah Cair Industri Penambangan Emas Rakyat Dengan Metode Presipitasi Sulfida Dan Hidroksida." *Jurnal Rekayasa Proses* 12 (1): 23.
- Gatehouse, B. M., Platts, S. N., Williams, T. B. 1993. *Acta Crystallogr., Sec. B: Structural Science*, 49, 428.
- Hadiati, S., Ramelan, A., Variani, V., Hikam, M., Soegijono, B., Saputri, D. dan Iriani, Y., 2013. "Kajian Variasi Suhu Annealing dan Holding Time pada Penumbuhan

- lapisan tipis BaZr_{0,15}Ti_{0,85}O₃ dengan Metode Sol Gel.” *Jurnal MIPA* 36 (1): 20–27.
- Haider, A. J., Jameel, Z. N. dan Al-Hussaini, I.H.M., 2019. “Review on: Titanium Dioxide Applications.” *Energy Procedia* 157: 17–29.
- Hastuti, E., 2011. "Analisa Difraksi Sinar X TiO₂ Dalam Penyiapan Bahan Sel Surya Tersensitisasi Pewarna". *Jurnal Neutrino*, 1 (4): 93-100.
- Hoten, H. V., 2020. “Analisis Karakterisasi Serbuk Biokeramik Dari Cangkang Telur Ayam Broiler.” *Rotor* 13 (1): 1.
- Hutasuhut, S., 2017. Pengaruh Temperatur Sintering pada Sintesis Sodium Lithium Titanate (NaLiTi₃O₇) terhadap Performa Sel Baterai Ion Litihium. Medan : Universitas Sumatera Utara [*Skripsi*].
- Huynh, L. T. N., Ha, C. T. D., Nguyen, V. D., Nguyen, D.Q., Le, M. L. P. dan Tran, V. M., 2019. “Synthesis and Electrochemical Properties of Li₄Ti₅O₁₂.” *Journal of Chemistry* : 1–23.
- Ilham, M. dan Astuti., 2016. “Pengaruh Doping Litium Terhadap Intensitas Luminisens Nanopartikel Zno Menggunakan Metode Sol Gel.” *Jurnal Fisika Unand* 5 (3): 205–8.
- Istiqomah, Putri, A., Patmawati, T., Rohmawati, L. dan Setyarsih, W., 2019. “Ekstraksi Titanium Dioksida (TiO₂) Anatase Menggunakan Metode Leaching Dari Pasir Mineral Tulungagung.” *Akta Kimia Indonesia* 4 (2): 145.
- Istiqomah, Rohmawati, L., Setyarsih, W., Hefdea, A. dan Wulancahayani, E., 2019. “Analisa Gugus Fungsi Titanium Dioksida Nanotube dari Hasil Ekstraksi Pasir Mineral Tulungagung.” *Jurnal Seminar Nasional dan Kimia Pembelajarannya (SNKP)* : 202-207 [Prosiding].
- Khafifudin, B., 2017. “Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO₂) Anatase dengan Metode Sonikasi Variasi Suhu dan Waktu Kalsinasi.” *Skripsi*, UIN, 4:9–15. Malang.
- Kiswanti, E. A. D., dan Pratapa, S., 2013. “Sintesis Titanium Dioksida (TiO₂) Menggunakan Metode Logam-Terlarut Asam.” *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* 3 (2): 18–21.
- Leng, Y., 2013. "Materials Characterization: Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods: Second Edition". *Markono Print Media*. 2nd ed. Singapore.
- Listanti, A., Taufiq, A., Hidayat A. dan Sunaryono, S. 2018. " Investigasi Struktur dan Energi Band Gap Partikel Nano TiO₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode Sol-Gel". *Journal of Physical Science and Engineering (JPSE)*, 1 (3):8-15.

- Lestariningsih, T., Sabina, Q. dan Majid, N., 2017. "Penambahan TiO₂ dalam Pembuatan Lembaran Polimer Elektrolit Berpengaruh terhadap Konduktivitas dan Kinerja Baterai Lithium." *Jurnal Material dan Energi Indonesia* 07 (01): 31–37.
- Lubis, K., 2015. "Metoda-Metoda Karakterisasi Nanopartikel Perak." *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 21 (79): 50–55.
- Mahmoud, A., Amarilla, J. M. dan Saadoune, I., 2015. "Effect of Thermal Treatment Used in the Sol-Gel Synthesis of Li₄Ti₅O₁₂ Spinel on Its Electrochemical Properties as Anode for Lithium Ion Batteries." *Electrochimica Acta* 163: 213–22.
- Mubarak, F., Fadli, A. dan Akbar, F., 2013. "Kinetika Reaksi Sintesis Hidroksipatit Menggunakan Metode Presipitasi Dengan Pencampuran Langsung." *Jom FTEKNIK* 3 (1): 1–6.
- Munfarida, A., SH, A. T., Susanawati, L. D. dan Cahyono, H. B., 2015. "Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan Reduksi Logam Merkuri (Hg) Dengan Penambahan Na₂S." *Jurnal Sumber daya Alam Dan Lingkungan* 2 (1): 1–7.
- Najihah, A. I. dan Supardi, Z. A. I., 2019. "Pengaruh Waktu Tahan Kalsinasi terhadap Performa Elektrokimia Anoda Li₄Ti₅O₁₂." *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)* 8 (3): 62–65.
- Nasution, N. dan Fitri, A., 2018. "Sintesis Nanopartikel TiO₂ Fasa Rutile Dengan Metode Kopresipitasi." *Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi* 2 (2): 18–25.
- Ningsih, D. A. dan Supardi, Z. A. I., 2017. "Coating Sodium Carbonate pada Anoda Reduced Graphene Oxide (RGO) untuk Baterai Lithium-Ion." *Inovasi Fisika Indonesia* 6 (3): 123–27.
- Ningsih, S. K. W., 2016. "Sintesis Anorganik". Edisi I. Padang: UNP Press Padang.
- Nuraeni, W., Daruwati, I., Maria, E.W, dan Sriyani, M. E., 2013. "Verifikasi Kinerja Alat Particle Size Analyzer (PSA) Horiba Lb-550 Untuk Penentuan Distribusi Ukuran Nanopartikel." *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir*, 2013.
- Nursanti, I., Muhsin, Z. dan Sutanto, H., 2011. "Struktur Nanokristal Ceo Yang Disintesis Menggunakan Metode Presipitasi Dengan Variasi Lama Waktu Kalsinasi 2." *Berkala Fisika* 14 (4): 115–22.
- Priyono, B., Nugraha, M. R., Syahrial, A. Z., Faizah, dan Subhan, A., 2019. "Optimizing Performance of Li₄Ti₅O₁₂ Nanorod Doped C@ZnO by Hydrothermal Synthesis as Half-Cell Lithium-Ion Battery Anode." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 541 (1). : 1.
- Priyono, B., Juliadi, Syahrial, A. Z., Yuwono, A. H. dan Kartini, E., 2015. "Sintesis Lithium Titanat dengan Metode Hidrotermal dan Efek Suhu Sintering

- pada Karakteristik Nanostrukturnya". *Jurnal Sains Materi Indonesia (Jusaml)*, 1(17) : 1-9.
- Priyono, B., Radiawan, N. Y., Yuwono, A. H., Hudaya, C., Subhan, A. dan Sofyan, N., 2018. "Optimization of Li₄Ti₅O₁₂ (LTO) Performance through the Addition of ZnO-Nanorods Using Sol-Gel Solid-State Method Process as Half-Cell Lithium-Ion Battery Anode." *E3S Web of Conferences* 67: 1–5.
- Priyono, S., Dhika, M. A., Sebayang, K., Subhan, A dan Prihandoko, B., 2016. "Ketebalan Elektroda terhadap Performa Elektrokimia Baterai Ion Lithium." *Jurnal Sains Materi Indonesia (Jusaml)* 17 (4): 3–9.
- Purwamargapratala, Y., Sujatno, A. dan Sabayu, Y. L., 2019. "Synthesis of Li₄Ti₅O₁₂ (LTO) by Sol-Gel Method for Lithium Ion Battery Anode." *OP Conference Series: Materials Science and Engineering* 12 (553): 1–6.
- Purwasasmita, B. S. dan Gultom, R. S., 2008. "Sintesis Dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit Skala Sub-Mikron Menggunakan Metode Presipitasi." *Jurnal Bionatura* 10 (2): 155–67.
- Puspita, D. F. dan Rahardi, S. S., 2016. "Homogenitas Produksi Baterai Ion Litium berdasarkan Varians Kapasitas Pengisian, Kapasitas Pelepasan dan Efisiensi Pengisian-Pelepasan" 6 (1): 35–42.
- Qiao, R., Chuang, Y. D., Yan, S. dan Yang, W., 2012. "Soft X-Ray Irradiation Effects of Li₂O₂ , Li₂CO₃ dan Li₂O Revealed by Absorption Spectroscopy." *Plos One* 7 (11): 1–6.
- Rahman, T. Fadhlulloh, M.A., Nandiyanto, A. B. D. dan Mudzakir, A., 2014. "Review : Sintesis Titanium Diokasida Nanopartikel." *Jurnal Integrasi Proses* 5 (1): 15–29.
- Ramlan, 2013. "Pembuatan Serbuk β"-Alumina (β-Al₂O₃). " *Jurnal Penelitian Sains*, 16 (3): 75-77.
- Ratnasari, D. D. dan Purwaningsih, H. 2014. "Pengaruh Variasi Kecepatan Stiring dan Temperatur Sintering terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Fase Material Sensor Gas TiO₂." *Jurnal Teknik POMITS*, 1 (3): 68-72.
- Reynolds, H. S., Bhargava, S. dan Antolasic, F., 2010. "Structural Investigation of Titanyl Sulfate Dihydrate and Intermediates Formed During Thermal Decomposition." Australian : RMIT University.
- Santos, W. J. D., 2009. "Materials Characterization Techniques : Applications and Features." *Scientia Plena* 5 (6): 1–6.
- Saputry, A. P., Lestariningsih, T dan Astuti, Y., 2019. "Pengaruh Rasio LiB0B:Ti02 Dari Lembaran Polimer Elektrolit Sebagai Pemisah Terhadap Kinerja Elektrokimia Baterai Lithium- Ion Berbasis LTO Agriccia." *Journal of Scientific and Applied*

Chemistry 22 (4): 136–42.

- Selvamurugan, M., Natarajan, C., Andou, Y. dan Karuppuchamy, S., 2018. "Synthesis and Characterization of Lithium Titanate - ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) Nanopowder for Battery Applications." *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 29 (20): 33.
- Setiabudi, A., Hardian, R. dan Muzakir, A., 2012. "Karakterisasi Material ; Prinsip Dan Aplikasinya Dalam Penelitian Kimia". *UPI Press*. Bandung.
- Setiawan, A., Widiyastuti, W., Winardi, S. dan Nugroho, A., 2016. "Sintesis Biomaterial Hydroxyapatite Dengan Proses Flame Spray Pyrolysis Disertai Penambahan Aditif Organik." *Reaktor* 16 (4): 189.
- Setyani, A., dan Wibowo, E. A. P., 2017. "Pengaruh Pelarut terhadap Karakteristik Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO_2)."*Jurnal Ilmiah Sains* 17 (1): 26.
- Sharma, A., Karn, R. K. dan Pandiyan, 2014. "Synthesis of TiO_2 Nanoparticles by Ultrasonic Assisted Sol-Gel Method and Their Characterization." *International Journal of ChemTech Research* 1 (9): 1–5.
- Sharma, S. K., Verma, D. S., Khan, L. U., Kumar, S. dan Khan, S. B., 2018. *Handbook of Materials Characterization*. Spinger.
- Subhan, A., 2011. "Fabrikasi Dan Karakteristik $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ Untuk Bahan Anoda Baterai Litium Keramik." *Tesis* 1: 24–30.
- Subhan, A., Prihandoko, B. dan Zulfia, A., 2011. "Pembuatan Komposit Anoda $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ dan Soda Lime Silica." *Jurnal Telaah* 29: 27–36.
- Subhan, A., Setiawan, D., Saptari, S. A. dan Prihandoko, B., 2017. "Analisa Koefisien Difusi Anoda Lto Yang Didoping Ca Dari Limbah Kulit Telur Untuk Aplikasi Baterai Lithium-Ion Berdaya Tinggi." *Jurnal Material Dan Energi Indonesia* 7 (2): 6–11.
- Subhan, A., Suwandi, E., Ramlan dan Utama, T. H., 2015. "Efek Penambahan Bahan Aditif Mwcnt Dan Acetylene." *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya* 16 (2): 49–54.
- Sumarno, R. and Nugroho, A., 2012. "Recovery Garam Lithium dari Air Asin (Brine) dengan Metoda Presipitasi." *Jurnal Teknik* 33 (2): 66–70.
- Supriadi, H., Slamet, R. Rahman, A., 2013. "Sintesis dan Karakterisasi TiO_2 dari TiCl_4 dan Penerapan sebagai Agen Pemutih Kain dengan Kitosan sebagai Bahan Pendukung." *JRSKT* 2 (3): 311-316.
- Utama, T. H., Ramlan dan Subhan, A., 2015. "Studi Pengaruh Bahan Aditif Multi Walled Carbonnanotube (MWCNT) dan Acetylene Black (AB) pada Komposit LTO sebagai Bahan Elektroda untuk Baterai Li-ion." *Jurnal Penelitian Sains* 07

(3) : 143-146.

- Wahyudi, A., Sariman, dan Rochani, S., 2011. "Mining Preliminary Study of Particle Size Measurement of Fine Phosphate Rocks Using Dynamic Light Scattering Method." *Indonesian Mining Journal* 14 (3): 115–22.
- Wang, Y. dan Wenjun Zhu, W., 2020. "Micro / Nano-Structured Li₄Ti₅O₁₂ as High Rate Anode Material for Lithium Ion Batteries." *Solid State Ionics* 349 (June 2019): 115297.
- Warsito, S. W. S. dan Yusuf, A. S., 2015. "Analisis Pola Interferensi Pada Interferometer Michelson Sebagai Pendekripsi Ketebalan Bahan Transparan Dengan Metode Image Processing Menggunakan Sensor Charge Couple Device (CCD)." *Teori Dan Aplikasi Fisika* 3 (2): 221–26.
- Xiang, H., Tian, B., Lian, P., Li, Z. dan Wang, H., 2011. "Sol-Gel Synthesis and Electrochemical Performance of Li₄Ti₅O₁₂/Graphene Composite Anode for Lithium-Ion Batteries." *Journal of Alloys and Compounds* 509 (26): 7205–9.
- Yuan, T., Cai, R., Ran, R., Zhou, Y. dan Shao, Z., 2010. "A mechanism study of synthesis of Li₄Ti₅O₁₂ from TiO₂ anatase". *Journal of Alloys and Compounds* 505(1): 367-373.
- Yunita, F. E., Lalasari, L. H., Ardhi, B. P. dan Heru, A., 2019. "Pengaruh Natrium Terhadap Adsorpsi Lithium Pada Proses Pengendapan Menggunakan Mangan Hidroksida." *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi ISSN* : 240: 1–5.
- Zainul, R., 2018. "Prinsip Dasar Dan Aspek Rekayasa." Sumatera Barat: CV. Berkah Prima.
- Zhang, C., Zhang, Y., Wang, J., Wang, D., He, D. dan Xia, Y., 2013. "Li₄Ti₅O₁₂ Prepared by a Modified Citric Acid Sol Gel Method for Lithium-Ion Battery." *Journal of Power Sources* 236: 118–25.
- Zhao, B., Ran, R., Liu, M. dan Shao, Z., 2015. "A Comprehensive Review of Li₄Ti₅O₁₂-Based Electrodes for Lithium-Ion Batteries : The Latest Advancements and Future Perspectives." *Materials Science and Engineering R* 98: 1–71.
- Zhu, H. Y., Lan, Y., Gao, X. P., Ringer, S. P., Zheng, Z. F., Song, D. Y. dan Zhao, J. C., 2005. "Phase Transition between Nanostructures of Titanate and Titanium Dioxides via Simple Wet-Chemical Reactions." *Journal of the American Chemical Society* 127 (18): 6730–36.